

Gerhalter, Michael

Einbindung von Latentwärmespeichern in die Gebäudeheizung

eingereicht als

MASTERTHESIS

an der

Hochschule Mittweida (FH)
University of Applied Sciences



Fachbereich Wirtschaft

Erstprüfer: Prof. Dr. Johannes Stelling

Zweitprüfer: Prof. Dr. Volker Tolkmitt

Mittweida, 2011

Inhalt

1	Kurzfassung	1
2	Aufgabenstellung und Zielsetzung	2
2.1	Konzept	2
2.2	Zielsetzung	2
2.3	Motivation	3
3	Technisches Umfeld	4
3.1	Technisches Umfeld in der Gebäudeheizung	4
3.2	Stand der Technik bei PCM	5
3.2.1	Der Prozess der Wärmespeicherung	5
3.2.2	Probleme im aktuellen Entwicklungsstand	6
3.2.3	Möglichkeiten der Einbindung nach aktuellem Entwicklungsstand	7
3.3	Bestehende Produkte am Markt	7
3.4	Heizsysteme in Verbindung mit LWS	8
3.5	Patentrecherche und Markenschutz	8
3.6	Technologische und weitere Risiken der LWS	9
3.7	Fazit der Umfeldrecherchen	10
4	Betrachtungen der Absatzmöglichkeiten	11
4.1	Absatzmärkte und Absatzmöglichkeiten	11
4.1.1	Vertrieb als Systemanbieter für Gesamtlösungen	11
4.1.2	Mögliche Kooperationen und Zielmarkt der Endnutzer	12
4.1.3	Das Product – Placement	12
4.1.4	Produktbewerbung	13
4.2	Absehbare Marktentwicklung in Österreich	13
4.2.1	Der Zielmarkt der Neubauten	13
4.2.2	Der Zielmarkt der Sanierungen	14
4.3	Berechnung des Marktvolumens	16
4.4	Mögliche Markteintrittsbarrieren der LWS	19
4.5	Mitbewerb und Substitutionsprodukte	19
5	Investitionskostenrechnung und Förderungsumfeld	21
5.1	Der Misch – Endenergiepreis für den Betrachtungszeitraum	23
5.2	Berechnungsmethodik	25
5.2.1	Annuität	25
5.2.2	Investitionskosten	26
5.2.3	Zinskalkulation	26
5.2.4	Restwertkalkulation	27
5.3	Förderungsumfeld	28
5.3.1	Förderungswürdigkeit der LWS	29
5.3.2	Kriterien zur Förderungswürdigkeit	29
5.3.3	Ausmaß und Umfang der Förderungen	32
5.3.4	Berechnungsgrundlagen der einzelnen Systeme für den späteren Amortisationsvergleich	33
5.3.5	Fazit der Förderungen	36
5.4	Amortisationsvergleich verschiedener relevanter Heizsysteme und Energiesparmaßnahmen	37
5.4.1	Wärmedämmung	37
5.4.2	Amortisationsrechnung der Wärmedämmung für ein Durchschnittshaus	41
5.4.3	Wärmepumpensysteme	43
5.4.4	Amortisationsrechnung von Wärmepumpen für ein Durchschnittshaus	45
5.4.5	Solarthermische Systeme	47

5.4.6	Amortisationsrechnung einer Solaranlage für ein Durchschnittshaus	49
5.4.7	Photovoltaik	50
5.4.8	Amortisationsrechnung von Photovoltaik nur zur Stromerzeugung für ein Durchschnittshaus	50
5.4.9	Amortisationsrechnung von Photovoltaik zur Stromerzeugung und einer Wärmepumpe für ein Durchschnittshaus	52
5.4.10	Amortisationsrechnung eines geothermischen Systems für ein Durchschnittshaus	53
5.5	Fazit der Amortisationsrechnungen	54
5.6	Amortisationsrechnung des LWS mit dessen Einschränkungen	56
5.6.1	Hypothetische Amortisationsrechnung des LWS	56
5.6.2	Hypothetische Amortisationsrechnung des LWS und resultierende Schlussfolgerungen	58
5.6.3	Veränderung der Umgebungsparameter im Einsatz des LWS	59
5.6.4	Hypothetische Amortisationsrechnung des LWS bei Gesamtanierung des Heizungssystems	61
6	Konzeption, Produkt- und Preispolitik	63
6.1	Produktkonzeption und Produktumfang	63
6.1.1	Aufbau der PCM - Behälter	65
6.1.2	Blockschaltung der PCM – Behälter in einem Zylinder	66
6.1.3	Mechanismen zur Be- und Entladung der Rohre	68
6.1.4	Werkzeuge zur Be- und Entladung der Rohre	68
6.1.5	Kondensator und Verdampfereinheit	69
6.2	Produktlimitationen und Einsatzbereich	69
6.3	Produktpolitik	70
6.3.1	Das Leistungsangebot	70
6.3.2	Die Ausstattungsmerkmale	71
6.3.3	Die Qualitätsmerkmale	71
6.3.4	Design und Verpackung	72
6.3.5	Möglicher Produktlebenszyklus	72
6.3.6	Die Markteinführungsphase	72
6.4	Preispolitik	73
6.4.1	LWS – Marktpreisabschätzung auf Basis der Amortisationsrechnungen	73
6.4.2	Target Costing auf Basis der Amortisationsvergleiche	74
6.4.3	Target Costing – Theorie und Berechnungen	76
7	Kalkulation und Planung der Kosten	78
7.1	Allgemeine Annahmen und Informationen	78
7.2	Herstellkosten auf Vollkostenbasis	79
7.2.1	Kostenarten	79
7.2.2	Einzelkosten	79
7.2.3	Fixe und variable Gemeinkosten, Sondereinzelkosten	81
7.2.4	Kostenstellen	82
7.3	Zuschlagskalkulation	82
7.3.1	Selbstkostenkalkulation	82
7.3.2	Kurzfristige Erfolgsrechnung nach Gesamtkosten auf Vollkostenbasis	83
7.3.3	Kurzfristige Erfolgsrechnung nach Umsatzkosten auf Vollkostenkostenbasis	84
7.3.4	Kurzfristige Erfolgsrechnung nach Umsatzkosten auf Teilkostenkostenbasis	84
7.3.5	Fazit der Kalkulationen	85
7.4	Kurzfristige Erfolgskalkulation bei verschiedenen Absatzmengen	85
7.5	Plankalkulation	87
7.5.1	Beschaffungsbudget	88
7.5.2	Abschreibung, Investitionen, Tilgung und Finanzierung	90
7.5.3	Plan – Gewinn- und Verlustrechnung	91
7.6	Analyse der Kostentreiber	93
7.6.1	Kostentreiber in den Fixkosten	93
7.6.2	Kostentreiber in den variablen Kosten	94
7.7	PCM - Beschaffungspolitik	96

7.8	Zielpreisfindung des PCM	99
8	Fazit und Ausblick	101
8.1	Fazit der wirtschaftlichen Betrachtungen	101
8.2	Fazit der technischen Betrachtungen	102
8.3	Weitere Betrachtungen im Umfeld des LWS	104
8.3.1	Ökologische Betrachtungen	104
8.3.2	Mögliche weitere Einsatzgebiete des LWS	104

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Graz, im März 2011

Michael Gerhalter

Abbildungsverzeichnis

Entwicklung Passivhäuser.....	14
Bundesländerverteilung nach kWh/m ² Jahr.....	14
Energieträgerentwicklung.....	15
Energieträgerverteilung.....	16
Verteilung nach Objekttypen.....	18
Ölpreisentwicklung.....	23
Öl- und Gaspreisentwicklung.....	24
Formfaktor.....	32
Außenwand- und Sparrendämmung.....	39
Wärmepumpensystem - Schema.....	43
Beispiel einer gängigen Solaranlage.....	47
Systemeinbindung des LWS.....	64
Konzept des LWS.....	64
Klemmung zur Aufnahme der Temperaturfühler.....	66
Blockschaltung der PCM - Zylinder.....	67
PCM – Zylinderaufbau.....	68
Kondensator und Verdampfereinheit.....	69

Tabellenverzeichnis

KfW-Kategorien.....	7
Restwertverteilung	28
Formfaktor entsprechend Energieklasse	31
Förderungstafel Steiermark	33
Förderungen der Gemeinden	33
Übersicht der Förderungen.....	37
Dämmwertstärken	39
Äquivalentpreise der Wärmedämmung.....	40
Amortisationsvergleich-Gesamtübersicht	55
Investitionskosten Solaranlage	57
Einsparpotenzial LWS bei Standard-EFH.....	58

Veränderung der Umgebungsparameter im LWS-Einsatz	60
Kosten LWS und Solaranlage für Standard-EFH	61
Tilgung LWS und Solaranlage für Standard-EFH	62
Produktfunktion und Gewichte	75
Komponenten und deren Kostenanteile	75
DBU-Faktor.....	76
Target Costing mit verschiedenen Absatzmengen	76
Einzekosten der Produktionsfaktoren.....	80
Fixkosten	81
Sondereinzelkosten.....	81
variable Gemeinkosten	81
Kostenstellen	82
Selbstkostenkalkulation.....	82
Erfolgsrechnung nach Gesamtkosten	83
Erfolgsrechnung, Umsatzkosten nach Vollkostenbasis	84
Erfolgsrechnung, Umsatzkosten auf Teilkostenbasis.....	85
Absatzmengen - Break-Even Analyse.....	86
Plankalkulation pro Einheit	87
Planmengen	88
Plan - Herstell- und Fertigungskosten	89
AfA der Kostenstellen	90
Abnutzbares Anlagevermögen	90
Nicht abnutzbares Anlagevermögen	90
Fremdkapital.....	91
Investitionsbudget	91
Plan GuV	92
Kostentreiber der variablen Kosten Typ 1m	95
Kostentreiber der variablen Kosten Typ 1,5m	95
Niedermolekulare organische Materialien (Paraffine)	97
Hochmolekulare organische Materialien	97
Additive zu den vorhin angeführten Materialien	98
Auswirkung des PCM-Preises auf den Betriebserfolg	100

Abkürzungsverzeichnis

AfA	Absetzung für Abnutzung
AV	Anlagevermögen
BÄ	Bestandsänderung
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMLFUW	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
BMVIT	Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
BSI	Bundesvereinigung Spitzenverbände der Immobilienwirtschaft
COP	Coefficient Of Performance
DDC	Direct Digital Control
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz
EFH	Einfamilienhaus
EnEG	Energieeinsparungsgesetz
EnEV	Deutsche Energieeinsparverordnung
EVU	Energieversorgungsunternehmen
FBH	Fußbodenheizung
FEK	Fertigungseinzelkosten
GuV	Gewinn- und Verlustrechnung
HLK	Heizung-, Lüftung-, und Klima- (Technik)
HWB	Heizwärmebedarf
IEA	Internationale Energieagentur
ISO	Internationale Organisation für Normung
IWU	Institut für Wohnen und Umwelt
JAZ	Jahresarbeitszahl
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KVS	Kreislaufverbundsystem
kWh	Kilowattstunde
kWh/(m²a)	Energieverbrauch in Kilowattstunden pro m² pro Jahr
KWF	Kapitalwertfaktor
KWL	Kontrollierte Wohnraumlüftung
LWS	Latentwärmespeicher

MEK	Materialeinzelkosten
MFH	Mehrfamilienhaus
p.a.	Pro Jahr
PCM	Phase Change Material („Phasenänderungsmaterial“)
SEK	Sondereinzelkosten
SEKF	Sondereinzelkosten Fertigung
SEKVt	Sondereinzelkosten Vertrieb
TWD	Transparente Wärmedämmung
UV	Umlaufvermögen
VHK	Variable Herstellkosten
VSK	Variable Selbstkosten
W/(m²K)	Wärmedurchgangskoeffizient oder U-Wert
WMZ	Wärmemengenzähler
WWB	Warmwasserbereitung
ZFH	Zweifamilienhaus

1 Kurzfassung

In den meisten europäischen Ländern besteht die Anforderung Gebäude im Winter zu beheizen. Die dazu erforderliche Energie kann mittels verschiedener Energieträger erzeugt werden. Es wird zur Wärmeerzeugung also auf Energieträger und nicht auf Energiespeicher zurückgegriffen. Dieser Ansatz beruht auf der bisherigen Erfahrung dass Energie, praktisch umsetzbar, nicht über längere Zeit gespeichert werden kann. Jedoch steht im Sommer durch solarthermische Anlagen ein Überschuss an Energie ungenutzt zur Verfügung. Warum also diese Energie nicht gleich für die kalten Wintermonate speichern?

Es besteht somit der Bedarf eines Energiespeichers der mit möglichst geringen Verlusten und hoher Energiedichte, Wärme über mehrere Monate hinweg speichern kann (Latentspeicherung). Im Gegensatz zu den bisherig bekannten, sensiblen Wärmespeichern mit einer Speicherdauer von maximal ca. 3-5 Tagen.

Momentan gibt es noch keine Anbieter solcher Latentspeicher am Markt. Jedoch deuten einige Forschungs- und Pilotprojekte auf einen bevorstehenden Sprung in die praktische Umsetzung und Massenproduktion solcher Systeme hin. Zusätzlich wächst der Markt der alternativen Energieformen in der Gebäudeheizung, getrieben durch Subventionen und steigende Energiepreise noch dynamischer als in den Jahren zuvor. Es lohnt sich also ein Vergleich der Latentwärmespeicher mit bestehenden, alternativen Systemen wie z.B. Wärmepumpen, Energiebrunnen, Photovoltaik usw.

In dieser Arbeit soll festgestellt werden wie weit der Entwicklungsstand der Latentwärmespeicher in Verbindung mit den erforderlichen PCM fortgeschritten ist. Aufgrund dieser Ergebnisse kann dessen gegenwärtig möglicher Einsatzzweck bestimmt werden. Weiters wird, im Vergleich zu anderen alternativen Energiesystemen eine Amortisationskostenrechnung durchgeführt um dessen Konkurrenzfähigkeit mit solchen Systemen zu erörtern. Die Berechnung des erzielbaren Verkaufspreises soll demnach auf dieser Auswertung beruhen (als retrograde Preisbestimmung). Auf Basis der gewonnen Daten wird dann eine Kalkulation der Selbstkosten für ein mögliches Startup – Unternehmen erstellt. Dabei werden die Kostentreiber ermittelt und Szenarien zur Veränderung der relevanten Parameter in der Herstellung erstellt.

2 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Die Speicherung von Wärme ist eine der größten technischen Herausforderungen bei der Nutzung regenerativer Energiequellen. Diese Arbeit soll einen Vergleich herstellen zwischen den am Markt bereits bestehenden alternativen Energiesystemen und der latenten Speicherung von Wärmeenergie, die im Sommer aus solarthermischen Anlagen im Überschuss vorhanden ist, um diese in den Wintermonaten abzugeben.

In der vorangegangenen Forschungs- und Entwicklungsarbeit wurde die Verwendung von Langzeitwärmespeichern mittels PCM in verschiedenen hydraulischen Schaltungen der Praxis technisch untersucht. Aufbauend auf diese Analyse soll nun das Thema wirtschaftlich untersucht werden.

Ab welchen Investitionskosten ist es überhaupt wirtschaftlich einen Energiespeicher einzusetzen? Wie sieht das Umfeld der Förderungen aus, werden solche Systeme überhaupt gefördert? Inwieweit können nicht wirtschaftliche Betrachtungen in die Entscheidung für ein solches System einfließen? Solche und weitere Fragen werden in verschiedenen Berechnungs- und Vergleichsmodellen analysiert um zu zeigen wie wirtschaftlich es ist mit einem Langzeitwärmespeicher eine bestimmte Menge an Energie zu speichern.

2.1 Konzept

Vorab wird geklärt unter welchen Umständen ein Langzeitwärmespeicher überhaupt marktfähig ist. Welche Beweggründe gibt es für den Kauf eines einzelnen Speichers oder die Investition in ein Verbundsystem? Welche Kundenbedürfnisse werden gedeckt oder geschaffen? Diese Analyse soll die Basis für die folgenden Kalkulationen und Kostenrechnungen zur Herstellung der Langzeitwärmespeicher sein.

2.2 Zielsetzung

Es soll gezeigt werden ob und unter welchen Voraussetzungen das System der Langzeitwärmespeicher „marktfähig“ ist. Hierbei soll aber weniger auf die Speicherung durch PCM als eigentliche Lösung eingegangen werden, sondern vielmehr deren praktische Umsetzung analysiert werden.

Konkrete Ziele sind die Beantwortung folgender Fragen:

- Worin liegt der Kundennutzen dieser Technologie?
- Wie viel Energie kann und soll wirtschaftlich vernünftig gespeichert werden?
- Welche Speicherkapazität muss gewährleistet sein um das System wirtschaftlich zu machen?
- Was kostet die Energiespeicherung im Gegensatz zur Energiegewinnung aus konventionellen Energieträgern wie z.B. Öl, Gas, usw.?
- Amortisiert sich ein solches System nach aktuellem Entwicklungsstand?
- In welcher Zeit amortisiert sich ein solcher Speicher?
- Ist eine Amortisation nur in Verbindung mit Subventionen möglich?
- Welche weiteren Vorteile können daraus entstehen (z.B. in Verbindung mit Energiezertifikaten)?
- Wenn ja, unter welchen Umständen wäre ein solches System marktfähig?
- Wie steht dieses System in Konkurrenz zu verwandten Arten der Energiekosteneinsparung?
- Können verwandte, alternative Systeme wie z.B. die Solarthermie, Wärmepumpen, usw. als Substitutionsprodukte angesehen werden?
- Gibt es, neben den wirtschaftlichen noch weitere Beweggründe zur Investition in solche Systeme („grünes Gewissen“)?

2.3 Motivation

Da der „Hype“ in Sachen Energiespeicherung nach wie vor ungebrochen ist, gibt es viele Ideen und Ansätze dazu in der einschlägigen Literatur. Viele Thesen und Meinungen wurden aufgestellt und vertreten, sind jedoch meist nur theoretischer Natur ohne Berücksichtigung der praktischen Umsetzung bei der möglichen Einführung dieser neuen Technologie. Zugänge wie „Die Energie die der Kunde nicht erzeugen muss, muss er auch nicht bezahlen“ oder das „grüne Gewissen“ reichen aber nur begrenzt zur vernünftigen Beantwortung der Zukunftsperspektiven dieser Technologie nicht aus. Die Motivation dieser Arbeit ist es auf diese und die vorhin gestellten Fragen eine konkrete Antworten zu bekommen und zu analysieren ob und in welchem Umfeld sich eine solche Technologie behaupten könnte.

3 Technisches Umfeld

Die hier beschriebene latente (dauerhafte) Wärmespeicherung hat im Vergleich zur sensiblen (kurzzeitigen) Wärmespeicherung mit Wasser den Vorteil, dass die Wärmeenergie über sehr lange Zeit nahezu verlustfrei gespeichert werden kann. Bis dato wurde Wärme nur sensibel, meist in Form von Wasser gespeichert. Diese weit verbreitete konventionelle Art der Wärmespeicherung ist technologisch ausgereift und es existiert bekannter Weise ein großer Markt dafür. Die

Latentwärmespeicherung wird seit ca. 10 Jahren von verschiedenen namhaften Instituten wie z.B. dem Fraunhofer Institut oder dem Institut für Wärmetechnik in Graz erforscht und auch in Pilotprojekten praktisch untersucht. Auch das österreichische Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie hat bereits im Jahr 2000 das erste Pilotprojekt gestartet. Nahezu alle Forschungseinrichtungen prognostizieren der Latentwärmespeichertechnologie mittels PCM (Phase Change Material) ein großes praktisches Anwendungs- und Marktpotenzial.

3.1 *Technisches Umfeld in der Gebäudeheizung*

Eine Frage die bisher in der einschlägigen Literatur nicht oder nur unzureichend geklärt wurde, ist die Einbindung des Latentwärmespeichers in bestehende oder neue Heizsysteme. Denn ausschließlich die Energiespeicherung ohne Berücksichtigung der vorhandenen Hydraulik zu betrachten würde die praktischen Gegebenheiten zu weit außer Acht lassen. Die verschiedenen Heizarten von Ein- und Mehrfamilienhäusern, kleinen öffentlichen Gebäuden und Industriehallen sind hydraulisch meist sehr komplex aufgebaut und die Einbindung eines LWS erfordert genauere Systemkenntnis. Das Einsatzgebiet der LWS beschränkt sich außerdem ausschließlich auf die Raumheizung und Warmwasserbereitung dieser Gebäude. Die Warmwasserbereitung deshalb, weil diese neben der Raumheizung den zweitgrößten Teil des Energiebedarfes in solchen Gebäuden darstellt. Andererseits auch fasst immer in ein gesamtes System zur Wärmeherzeugung eingebunden ist (zentrale Heizung und Warmwasserbereitung). Vor allem in modernen Gebäuden ab ca. 1970. *Sind Häuser nach Passivhausstandard errichtet ist die Warmwasserbereitung dann sogar die bestimmende Größe im Energiebedarf*“ (Sinngemäß nach Loga, Imkeller-Benjes, 1997) S.513 [27].

3.2 Stand der Technik bei PCM

Im Bereich der PCM wird seit etwa 20 Jahren Forschung betrieben. Es wurden sowohl organische als auch anorganische Materialsysteme entwickelt und teilweise auch praktisch getestet. Weiters wurden auch verschiedene Materialpaarungen getestet. Bei organischen PCM werden derzeit meist Paraffine und Fettsäuren verwendet. Deren Schmelztemperaturen liegen im Bereich von Null bis hundert Grad Celsius. Als anorganische PCM werden Salzhydrate meist in weitere Werkstoffe eingekapselt, aufgrund deren stark korrosiver Wirkung. Organische PCM auf Paraffinbasis werden besonderes in der direkten latenten Wärmespeicherung in der Gebäudetechnik eingesetzt. Diese weisen einen Temperaturbereich um die 20 Grad Celsius auf und sind somit ideal für die Beimengung von Baustoffen.

„Der in der Heizungs- Lüftungs- und Klimatechnik ideale Temperaturbereich liegt bei ca. 60 bis 80 Grad Celsius. Dies ist das potentielle Anwendungsgebiet für die Wärmespeicherung von Warmwasser-, Heiz- und Kühlanwendungen. Für diesen Temperaturbereich wurden spezielle Paraffintypen entwickelt“ (Gerhalter, 2010) Seite 7-13 [14].

3.2.1 Der Prozess der Wärmespeicherung

Die Speicherung – bzw. die Be- oder Entladung der Wärmeenergie wird durch einen sogenannten „Phasenwechsel“ von meist hochporösen Material realisiert. Eben durch diese Umwandlung von festem auf flüssigen Aggregatzustand wird das Speichermedium als PCM (Phase Change Material), also „Phasenwechselmaterial“ bezeichnet. Durch so genannte PCM können, leider meist nur in einem sehr kleinen Temperaturbereich um den Phasenwechselpunkt, hohe Energiemengen gespeichert werden. Unterschiedliche Materialien bestimmen durch deren stoffspezifisch gegebene Schmelztemperaturen auch deren Arbeitstemperaturen und somit deren Einsatzbereich. Diese Technologie wird oft auch Sorptionsspeichertechnologie genannt. Es kann also ein hochporöses Medium ad- oder desorbiert werden, was bedeutet, es wird Feuchte hinzu- oder abgeführt. PCM haben die Eigenschaft Wasserdampf anzuziehen und an ihrer Oberfläche zu binden (Adsorption), wobei Wärme frei wird. Umgekehrt muss zum Trocknen von PCM (Desorption) Wärmeenergie aufgewendet werden. Das System ist also im weiteren Sinne eine thermisch betriebene Wärmepumpe. Ähnliche Verfahren mit entsprechender Wärmetransformation werden z.B. in Absorptionskältemaschinen und in der

Gastrennung bzw. Gastrocknung angewandt. Es ist generell auch zwischen dem Einsatz des PCM zur Langzeitemergiespeicherung (> 1 Monat) und dem Einsatz für kürzere Zeit zu unterscheiden.

Bei der praktischen Umsetzung der Wärmespeicherung mittels PCM existieren derzeit jedoch noch viele Einschränkungen. „So sind z.B. die zu geringen Lade- bzw. Entladeleistungen und die zu geringen Entladetemperaturen durch Unterkühlungseffekte die größten Problemzonen“ (sinngemäß nach Ebert, 2010) Projektziele und Probleme [6]. Auch in der Ausnützung der umsetzbaren Wärmekapazität der eingesetzten PCM gibt es noch Probleme. Ein PCM - Langzeitwärmespeicher gängiger Größe verfügt im Moment bei weitem noch nicht über das Potential den gesamten Wärmebedarf eines durchschnittlichen Einfamilienhauses zu decken.

3.2.2 Probleme im aktuellen Entwicklungsstand

Die Ergebnisse mehrerer Pilotversuche zeigten dass das Konzept funktioniert und auch praktikabel ist. Die erzielbaren Energiedichten des Speichers aber durch den sehr niedrigen Temperaturhub der Materialpaarung zu gering sind um technisch und wirtschaftlich sinnvoll zu sein. Je nach eingesetztem PCM werden Wärmespeicherkapazitäten von ca. 130-180kWh/m³ erzielt. Dies führt zum Problem dass nur ein kleiner Teil des Energiebedarfes eines durchschnittlich isolierten EFH gedeckt werden kann (bei vertretbaren Speichergrößen von ca. 1-15m³ Speichergröße). Mit größeren LWS – Volumina wäre natürlich eine volle Deckung des Energiebedarfes möglich. Die Unterbringung eines 70m³ Speichers wäre bei Neubauten platztechnisch sogar noch ein einigermaßen lösbares Problem (im Gegensatz zu Sanierungen). Wirtschaftlich betrachtet ist eine solche Lösung momentan jedoch noch völlig untragbar. Zusätzlich gibt es noch immer Probleme bei der Abgabe der Energie. Diese kann nur dann erfolgen wenn auch in den Wintermonaten solare Energie zur Desorption zur Verfügung steht. Auch der mögliche Temperaturhub in den Entladungsvorgängen sinkt nach kurzer Entladungszeit stark ab. Somit ist eine vernünftige Energieausbeute nicht gegeben. Weiters ist in den Sommermonaten nicht immer genug überschüssige Energie vorhanden um, im jetzigen Entwicklungsstand, den Speicher ausreichend zu laden. Nicht zu vergessen auch die große Masse an PCM die momentan noch dafür erforderlich wäre. Dies würde zu Gewichten des Speichers von mehreren tausend Kilogramm führen.

3.2.3 Möglichkeiten der Einbindung nach aktuellem Entwicklungsstand

„Bei durchschnittlichen EFH nach Niedrigenergiestandard können nur ca. 20% des Energiebedarfes gedeckt werden. Bei älteren und nur teilsanierten Gebäuden noch weniger. Bei durchschnittlichen EFH nach Passivhausstandard können theoretisch 100% des Energiebedarfes gedeckt werden. Jedoch ohne Berücksichtigung der Probleme in der hydraulischen Einbindung“ (Gerhalter, 2010) Seite 22-24 [14].

Kategorie	Norm bzw. Verordnung	max. Verbrauch [kWh/m²/a]	inkludierte Verbraucher	Speicherbar beheizbare Nutzfläche [m²NFL/m³ LWS]	Deckungsgrad bei 135m² NFL und 14m³ LWS in [%]
KfW-40-Haus	EnEV 2004	40	Heizwärmebedarf	3,3	39
KfW-60-Haus	EnEV 2004	60	Heizwärmebedarf	2,2	26
KfW-Effizienzhaus 55	EnEV 2007	40	Heizwärmebedarf	3,3	39
KfW-Effizienzhaus 70	EnEV 2009	60	Heizwärmebedarf	2,2	26
Passivhaus	Bauvorschrift H 5055 Energieausweis für Gebäude Passivhaus Institut Darmstadt	15	Heizwärmebedarf	8,7	104
Niedrigenergiehaus	EnEV 2009	70	Heizwärmebedarf	1,9	22
Niedrigstenergiehaus	EnEV 2009	50	Heizwärmebedarf	2,6	31

KfW-Kategorien

3.3 Bestehende Produkte am Markt

Derzeit gibt es noch keine Anbieter von LWS am Markt. Zumindest keine Anbieter die diesen Speicher als Äquivalent zu einem sensiblen Speicher anbieten (in vergleichbarer Größe und Speicherkapazität).

Es gab jedoch einige Kooperationen verschiedener Firmen mit den entsprechenden Forschungsinstituten zu diesem Thema. Einige relevante Beispiele:

- Projekt: HYDES heat storage in Verbindung mit der Firma AEE INTEC (BMVIT, 2002) Endbericht [2]
- Projekt: Modestore Verbindung mit dem „Haus der Zukunft“ - Impulsprogramm und der Firma AEE INTEC“ (Wagner; Jähnig; Isaksson, 2006), Endbericht [48]
- SorTech AG in Verbindung mit der Fa. UFE Solar GmbH und dem Fraunhofer ISE, 2002

Jedoch entstand aus keinem dieser Projekte ein zur Massenproduktion ausgereifter und marktfähiger LWS.

Es sind an dieser Stelle noch die Firma „Powertank“ aus D-96515 Sonneberg und die Firma „Climate Well“ aus SE-12653 Hägerstein zu nennen welche bereits Produkte ähnlicher Technologie anbieten. Die Fa. Powertank war jedoch zu keiner Kooperation bereit. Eine Antwort der Fa. Climate Well steht noch aus.

3.4 Heizsysteme in Verbindung mit LWS

Der beste Wirkungsgrad von Raumheizung in Verbindung mit LWS wird mit Niedertemperatur – Flächenheizungen erzielt (z.B. Wand-, Decken- oder Fußbodenheizungen).

Die erforderliche Ladung der LWS sollte durch solarthermische Anlagen erfolgen. Aufgrund der Ausnützung der überschüssigen Energie im Sommer und der hohen möglichen Vorlauftemperaturen zur Ladung.

„Als Energieträger im LWS – Verbund könnten auch noch Öl- und Feststoffheizkessel zur Anwendung kommen. Dabei aber vor allem um deren Taktung zu verbessern, dessen Wirkungsgrad zu erhöhen und den Schadstoffausstoß zu verringern“ (Gerhalter, 2010) Seite 29-33 [14]. Weiterführende Informationen dazu sind in der vorangegangenen Forschungs- und Entwicklungsarbeit angeführt.

Angestrebte Nutzen:

- Optimale Nutzung der Solarthermie
 - Nutzung des „Überangebots“ an Wärme in den Sommermonaten
 - Verbesselter Deckungsgrad der Solaranlage
- Erhöhung des Wirkungsgrades der gesamten Heizungsanlage
- Verringerter Schadstoffausstoß (CO₂ Ausstoß) des Gesamtsystems
- Bei Häusern nach Passivhausstandard: volle Deckung des Energiebedarfs
- Verringerter Platzbedarf durch hohe mögliche Energiedichte der LWS (bei kurzzeitigeren Speicherdauern)
- Verbesselter Wirkungsgrad im Heizkesselbetrieb
 - Durch Betrieb im optimalen Leistungsbereich
 - Geringere Taktungszeiten der Heizkessel

3.5 Patentrecherche und Markenschutz

Die Patentrecherche gestaltete sich als sehr schwierig und ist auch noch nicht vollständig abgeschlossen. Es gibt einige Patente mit Bezug auf die Energiespeicherung mit PCM. Wichtig ist dabei die Unterscheidung wie die PCM angewendet werden - ob zur „direkt angewandten“ Wärmespeicherung in der Bausubstanz (Böden, Mauern, usw.) oder zur „indirekt“ angewandten Speicherung, wie in diesem Dokument beschrieben. Viele Patente existieren in der direkten PCM-Anwendung und sind somit nicht relevant.

Alle Patente beziehen sich jedoch auf den Mechanismus der Wärmespeicherung und nicht auf ein Produkt mit entsprechend ausgeführtem Prozesszyklus.

Als kritisch in Bezug auf die Relevanz zur angeführten Technologie sind folgende Patente zu nennen:

- Patent WO 85/00214 (US Patent 7187854)
- Patent EP 0 302 272 A1 (und EP 0 302 272 B1)
- Patent EP 0 302 273 A1 (und EP 0 302 273 B1)

Da sich diese Patente auch nur auf die Art der Energiespeicherung beziehen und nicht auf den gesamten Prozess der Energiespeicherung und -abgabe, ist keine direkte Verbindung gegeben. Somit sind auch keine Patentrechtsklagen seitens der Patentinhaber zu erwarten. Weiters wurden auch keine Patente mit ähnlichem Bezug oder mit der gleichen Materialpaarung bzw. Materialmischung gefunden. Es werden jedoch trotzdem, aufgrund der bisherig nicht so ergiebigen Patentrecherchen, später Kosten für eventuell erforderliche Patentrechte in die Herstellkosten der Speicher eingerechnet. Dies soll vor allem auch als Rückstellung für eventuelle Patentrechtsklagen dienen.

Markenrechtsprobleme bzw. Klagen sind aufgrund der grundlegenden Neuheit der Energiespeicherung auszuschließen. Die bisherigen Recherchen haben keine Anbieter in diesem Bereich aufgezeigt.

3.6 Technologische und weitere Risiken der LWS

Beispielsweise stellt die Realisierbarkeit der angepeilten Speicherkapazität ein Problem dar. *Bei einer theoretisch möglichen Speicherkapazität von 300 kWh/m³ bei den PCM – Grundmaterialien sind praktisch, nach aktuellem Entwicklungsstand nur ca. 150kWh/m³ möglich* (Sinngemäß nach Wagner, Jähnig, Isaksson, 2006) Seite 13 [48].

Auch die mangelnde Erfahrung der LWS im Langzeitbetrieb birgt Probleme. Es gibt weder Studien noch Pilotprojekte, welche die Auswirkungen des Langzeitbetriebs auf den Wirkungsgrad der LWS behandeln. Somit ist eine Investition in solche Studien erforderlich. Mögliche Anforderungen des Gesetzgebers in Bezug auf die Umweltverträglichkeit der LWS können ein Problem darstellen. Es ist noch zu klären, ob eine eventuelle Zulassung aufgrund der verwendeten Betriebsstoffe erforderlich ist. Obwohl diese grundsätzlich als unbedenklich einzustufen sind. Ein weiterer

Risikofaktor könnte die Skepsis der Konsumenten gegenüber einer, zumindest größtenteils, Energieträgerfreien Gebäudeheizung sein.

3.7 Fazit der Umfeldrecherchen

Die Betrachtungen der vorangegangenen Forschungs- und Entwicklungsarbeit haben die Komplexität in der Einbindung der LWS in das hydraulische System aufgezeigt. Auch der aktuelle Entwicklungsstand der PCM ist noch nicht so weit fortgeschritten als dass eine Massenfertigung durchführbar wäre. Es reichen die praktisch umsetzbaren Speicherkapazitäten gerade aus um den Energiebedarf eines Passivhauses zu decken. Wobei in diesem Fall dann die Einbindung in dessen Hydraulik meist nicht sinnvoll scheint. Einfamilienhäuser durchschnittlicher Größe mit ca. 60 bis 80kWh/(m²a) liegen im Jahresenergieverbrauch noch sehr viel höher. In solchen Fällen könnte der LWS gar nur wenige Prozente (meist kleiner 10%) des Gesamtenergiebedarfes decken.

Zusätzlich wurde bei vielen Pilotprojekten nur die latente Wärmespeicherung als Ersatz für sensiblen Wärmespeicher untersucht und auch festgestellt dass dies derzeit am realistischsten erscheint. Vor allem aufgrund der höheren erzielbaren Energiedichte der LWS. Als Folge gilt somit aber auch dass die angepeilte Langzeitspeicherung der Wärme für die kalten Wintermonate praktisch noch nicht realisierbar ist. Das gesetzte Ziel der Speicherung der Energie aus den warmen Sommermonaten für den Winter kann bis dato also noch nicht vernünftig umgesetzt werden.

Bei der Analyse ergaben sich aber andere, verwandte Anwendungsbereiche der LWS. Wie z.B. die Erhöhung des solaren Deckungsgrades von Solaranlagen oder die Verringerung der Kesseltaktzeiten in Verbindung mit Heizkesseln. Letzteres wurde aus Gründen der Unwirtschaftlichkeit wieder verworfen. Weitere mögliche Anwendungsbereiche finden Sie am Ende dieser Arbeit unter „Fazit und Ausblick“.

4 Betrachtungen der Absatzmöglichkeiten

Die Betrachtung der Absatzmöglichkeiten setzt natürlich einen bestehenden Kundennutzen voraus der im folgenden Kapitel der Amortisationsrechnungen für verschiedene Systeme verglichen wird. Denn grundsätzlich ist die Investition in einen LWS, sowie auch in jedes andere alternative Heizungssystem, nur dann für den Kunden wirtschaftlich wenn sich der Bezug der Energie verringert. Oder die Energiekosten durch eine „günstigere“ Energiequelle sinken. Es gilt anzustreben, dass die Investition in den LWS nicht teurer ist als der alternativ höhere Bezug an Energie im Vergleichszeitraum.

Außerdem ist das beste System mit berechenbaren Kundennutzen nicht absetzbar, wenn niemand weiß dass es ein solches gibt. Politisches Lobbying und entsprechende Bewusstseinsbildung sind ein unumgänglicher Faktor für den Erfolg des Produktes, vor allem in Bezug auf dessen Förderungsfähigkeit in Verbindung mit dem Hausbau. Welche wie später verdeutlicht, ausschlaggebend in der Höhe der gesamten Investitionskosten zum tragen kommt.

4.1 Absatzmärkte und Absatzmöglichkeiten

Als primärer Absatzmarkt können mittel- und nordeuropäische Länder mit entsprechenden klimatischen Bedingungen (also der Notwendigkeit einer Gebäudeheizung) in Betracht gezogen werden. Im Falle eines Markteintritts wäre es natürlich sinnvoll Länder wie Deutschland, Schweiz, Frankreich, Italien, usw. in das zu planende Umsatzbudget mit einzubeziehen. Die Berechnung des entsprechenden Marktpotenzials kann aber nicht so einfach vorgenommen werden. Einerseits gibt es sehr viele länderspezifische Normen, Verordnungen und Auflagen die berücksichtigt werden müssen. Andererseits sind die Daten für die erforderliche Recherche des Marktpotenzials nicht einfach für jedes einzelne Land aufzutreiben. Somit wird hier primär nur auf Österreich als „beispielhaftes Absatzland“ eingegangen. Die weiteren Länder wurden hier aufgrund von fehlenden Daten nicht berücksichtigt.

4.1.1 Vertrieb als Systemanbieter für Gesamtlösungen

Als Alternative im Absatz könnte auch eine völlig eigenständige Lösung als „Systemanbieter“ möglich sein. Hierbei tritt der LWS – Hersteller als Generalunternehmer für die gesamtheitliche Lösung der Gebäudeheizung auf. Es

wird also die Planung und Realisierung des „Gesamtkonzeptes“ in einem Anbieter verbunden.

Wobei von der Planung im größeren Stil eher Abstand genommen werden sollte. Denn speziell in kommunalen Gebäuden und größeren privaten Anwendungen wäre es keine gute Idee sich durch das Planungsangebot in Konkurrenz zu den örtlichen Planungsbüros zu stellen. Denn jene Planer bedienen im Moment genau das Planungsbedürfnis des Kunden um ein „Realisierungskonzept“ für seine Bedürfnisse zu erstellen. Eine Konkurrenz zu den Planungsbüros ist auch deswegen nicht sinnvoll da diese für das Lobbying der LWS aktiviert werden könnten und sollten.

4.1.2 Mögliche Kooperationen und Zielmarkt der Endnutzer

Eventuell ist auch eine Kooperation mit Solarpaneelherstellern sinnvoll. Da Solarpaneele zur Aufladung der LWS benötigt werden, kann eine Vertriebspartnerschaft mit diesen Herstellern zweckdienlich sein. Vor allem deren Vertriebskontakte könnten wiederum gemeinsam genutzt werden. Da die LWS immer in ein bestehendes Heizungssystem eingebunden werden müssen, ist eine Direktvermarktung beim Kunden nicht angedacht. Jedoch unabhängig vom Vertrieb der LWS ist der Zielmarkt die Einbindung in die Gebäudeheizung von Einfamilienhäusern. Hierbei kann grob in die verschiedenen Gebäudetypen (Marktsegmente) gegliedert werden:

- Sanierungen, Umbauten, Modernisierungen
- Neubau
 - Niedrig- und Niedrigstenergiehäuser (auch bei Sanierungen)
 - Passivhäuser nur eingeschränkt wegen der problematischen Systemeinbindung. Somit hier nur ausschließlich nur bei Neubauten

4.1.3 Das Product – Placement

In Österreich gibt es ca. 181 Sanitärgrößhändler und 2872 Installationsunternehmen (Herold Online Telefonbuch, 2010) Suche nach Sanitärgrößhändler und Installationsunternehmen [20]. Die Sanitärgrößhändler sollen vor allem durch Kundenbesuche mit entsprechenden Informations- und Werbematerial als Vertriebspartner gewonnen werden. Weiters soll durch Kontaktaufnahme mit einschlägigen Planungsbüros der Gebäudetechnik ein Bedarf für das Produkt von Seite der Endkunden geweckt werden. Ziel ist es, dass diese Planungsbüros das Produkt in Ausschreibungen einsetzen um dadurch einen Bedarf zu schaffen.

Voraussetzung bei einem solchen Vertrieb ist aber, dass der LWS als „homogenes Produkt“ mit allen erforderlichen Komponenten betriebsfertig geliefert werden kann. Was nach aktuellem Entwicklungsstand noch nicht möglich ist.

4.1.4 Produktbewerbung

Diese sollte vor allem in der Einführungsphase in folgende Hauptwerbebereiche aufgeteilt werden:

- Kundenbesuche (bei den geplanten Hauptvertriebspartnern)
- Besuche bei einschlägigen Planungsbüros
- Hausbaumessen und Ausstellungen
- Anzeigen in entsprechenden Fachjournalen, Tageszeitungen und Zeitschriften

Wichtig hierbei ist vor allem die Schaffung eines Bedarfes aufgrund von Ausschreibungen des Produktes durch die einschlägigen Fachplaner. Somit soll ein Bedarf zusätzlich, unabhängig vom Bedarf des Kunden selbst geschaffen werden.

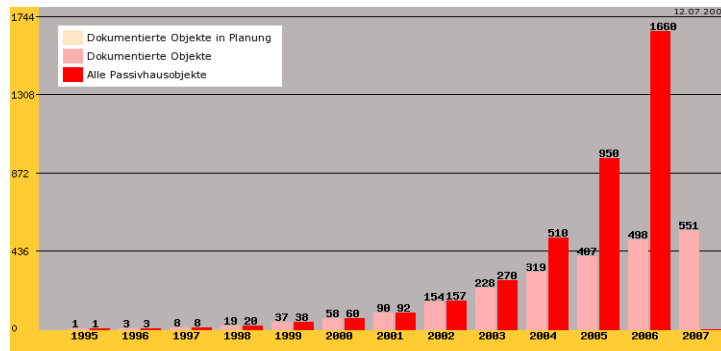
4.2 Absehbare Marktentwicklung in Österreich

In Österreich wurden bei der letzten Volkszählung am 15. Mai 2001 2,05 Millionen Gebäude und 3,86 Millionen Wohnungen erfasst. Im Vergleich zur letzten Volkszählung die 1991 durchgeführt wurde, wuchs der Bestand der Gebäude um 13 Prozent, sprich von 1,81 Millionen auf 2,05 Millionen und der Bestand an Wohnungen wuchs um 14 Prozent, also von 3,39 Millionen auf 3,86 Millionen. Drei Viertel aller Einzelgebäude in Österreich sind Ein- und Zweifamilienhäuser. Weiters wurde ermittelt, dass jedes zehnte Gebäude drei oder mehr Wohnungen besitzt. Insgesamt 47 Prozent aller Wohnungen liegen in Ein- und Zweifamilienhäuser (Sinngemäß nach Statistik Austria, 2010) Bericht: Bestand an Gebäuden und Wohnungen [37].

4.2.1 Der Zielmarkt der Neubauten

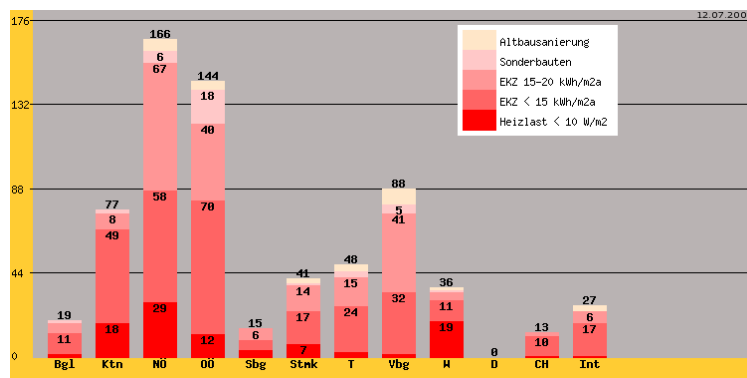
Der Markt für die Niedrig- und Niedrigstenergiehäuser ist jener mit dem größten Potenzial und dem größten Wachstum. Aus unterer Abbildung ist ersichtlich dass sich die Anzahl der Passivhäuser von 2005 auf 2006 nahezu verdoppelt. Für 2007 und 2008 standen noch keine Zahlen zur Verfügung. Der Trend ist jedoch ungebrochen und deutlich ersichtlich.

Folgende Grafik zeigt die „Entwicklung des Passivhausbestandes in den letzten Jahren“. (Statistisches Zentralamt Österreich, 2009) Energieeinsatz der Haushalte [39]



Entwicklung Passivhäuser

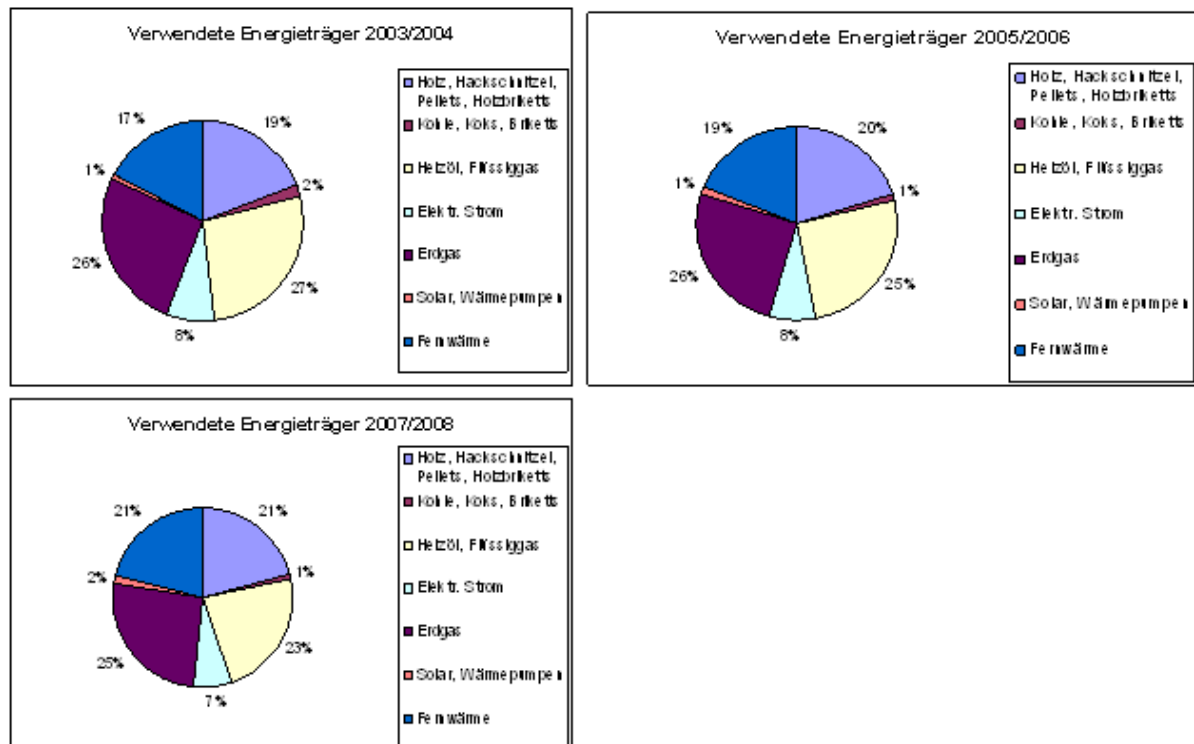
Folgende Grafik zeigt die Verteilung der Gebäude nach Bundesländern aufgeschlüsselt mit dem Energieverbrauch in kWh/m²Jahr. Anhand dieser Verteilung ist ersichtlich, dass gerade der Zielmarkt (mit Energieverbrauch unter 70kWh/(m²a)) den größten Teil ausmacht.



Bundesländerverteilung nach kWh/m²Jahr

4.2.2 Der Zielmarkt der Sanierungen

Weitere Chancen sind auch in der Sanierung von bestehenden Gebäuden mit bestehenden Heizungsanlagen gegeben. Hierbei wird auf den Austausch „konventioneller“ Heizungsarten wie Heizöl, Erdgas, Kohle, usw. abgezielt. Bei der Errichtung neuer Systeme könnte ein LWS ein fixer Bestandteil im System sein. Folgende Abbildung zeigt die Aufteilung der gemeldeten Wohnsitze mit entsprechenden Heizungsarten in deren Entwicklung der letzten Jahre.



Energieträgerentwicklung

Der Anstieg der Energieträger Solarthermie und Wärmepumpen fiel mit einem Prozent auf den ersten Blick recht gering aus. In absoluten Zahlen betrug dies eine Steigerung von 26.386 auf 55.636 Einheiten. Von der geringen Ausgangsmenge im Gegensatz zu den anderen Energieträgern, die sich im dreistelligen Bereich bewegen, ist dies nicht gerade Spektakulär. Lässt aber das riesige Potenzial für die Zukunft erkennen. Auch bei Holz, Hackschnitzel, Pellets und Holzbriketts war jährlich ein einprozentiger Anstieg zu verzeichnen. In absoluten Zahlen sind das 85.131 Einheiten von 2003 bis 2008.

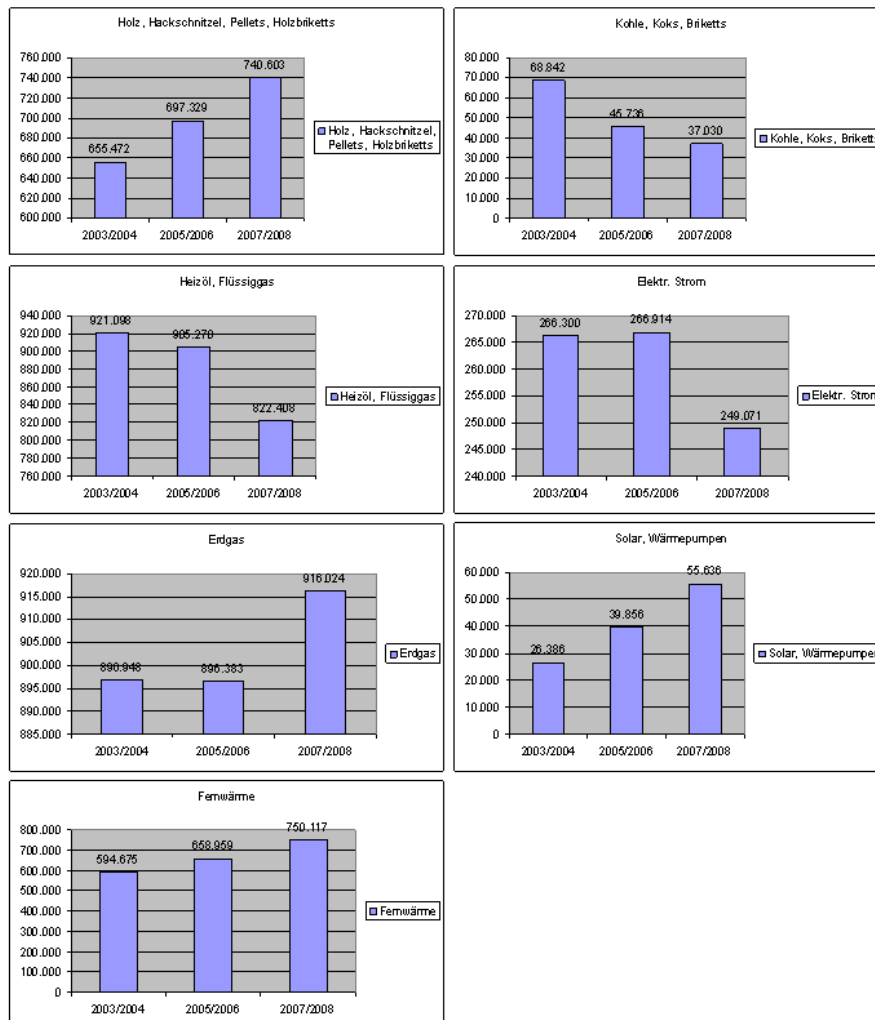
Wichtig ist, dass genau jene Energieträger einen starken Anstieg verzeichnen mit denen ein LWS sinnvoll kombinierbar ist.

Interessant hierbei ist auch die nicht stattgefundene Abkehr vom Erdgas als Energieträger. 2003 lag dessen Anteil bei 26%, 2008 noch immer bei 25%. Etwas konträr dazu die Entwicklung bei Heizöl und Flüssiggas. Der Rückgang betrug dabei minus 4% von 2003 bis 2008 und ist somit viel deutlicher ausgefallen. Mit dem Hintergrund einer doch recht parallelen Preisentwicklung beider Brennstoffe ist dies ein interessanter Vorgang und wirft die Frage auf warum der Rückgang bei Erdgas viel geringer ausgefallen ist. Zusammenfassend kann aber festgestellt werden dass der Trend weg von fossilen Brennstoffen deutlich stärker ausfällt als die

Energiepreiserhöhung derselbigen. Denn trotz auch momentan recht hoher Energiepreise für Heizöl fällt das Einsparpotenzial aufgrund der geringen absoluten Heizkosten pro Jahr immer noch recht gering aus. Dazu später mehr.

4.3 Berechnung des Marktvolumens

Eingangs wurde erörtert dass der Einsatz der LWS mit modernen Niedertemperatur – Heizsystemen und Solarthermie am besten funktioniert. Um das Volumen der entsprechenden Heizungsarten mit den verschiedenen Energieträgern abschätzen zu können reicht die Kenntnis deren Verteilung alleine nicht aus. Dazu ist die Kenntnis der absoluten Zahlen der Energieträgerverteilung erforderlich. Folgend eine Übersicht der Energieträgerverteilung für Österreich.



Energieträgerverteilung

Grundsätzlich ist ein eindeutiger Trend hin zu energiesparenden Heizungsarten ersichtlich. Deutlich erkennbar in der ungefähren Verdoppelung der Solar- und Wärmepumpenanlagen in den Jahren von 2003 bis 2008. Wobei die

Energieeinsparung hier nicht immer mit einer Kosteneinsparung einherging, was der spätere Amortisationsvergleich zeigen wird.

Dennoch besteht ein hohes Potential an konventionellen Energieträgern. Die Summe aus Heizöl, Gas, Kohle und Stromheizungen macht mehr als 2 Mio. Haushalte aus. D.h. es besteht ein theoretisches Potenzial von ca. 2 Mio. Haushalten, bis dato aber auch ohne Solarthermie ausgestattet, bei denen eine Erneuerung der Heizungsanlagen in Verbindung mit LWS grundsätzlich denkbar ist.

Weites legt die Förderung des Bundes sowie auch der KfW Bankengruppe den Schwerpunkt auf die energetische Erneuerung von Wohngebäuden und Gebäuden der kommunalen und sozialen Infrastruktur. Laut Publikation „Förderung der energetischen Erneuerung von Städten und Gemeinden“ sind die Potenziale in diesen Gebäudebeständen trotz der deutlichen Zunahme der Sanierungstätigkeit und Anhebung der Standards im Neubau immer noch beträchtlich: *„...Mehr als 30 Mio. Wohnungen wurden vor Inkrafttreten der zweiten Wärmeschutzverordnung erbaut. Lediglich etwa 7 Mio. Wohnungen sind umfassend energetisch saniert. Der CO₂-Ausstoß der privaten Haushalte in Deutschland betrug 2009 etwa 107 Mio. t und wurde überwiegend durch Beheizung von Wohngebäuden verursacht. Die Evaluation der KfW-Programme zeigt, dass durch die umfassende energetische Sanierung von Altbauten Energieverbrauch und CO₂-Ausstoß im Durchschnitt um 50% reduziert werden. Der kommunale Gebäudebestand umfasst etwa 176.000 Gebäude. Allein 60% des kommunalen Energieverbrauchs entfällt auf Schulen, Kindergärten und Sporteinrichtungen. Das CO₂-Minderungspotenzial im kommunalen Gebäudebestand wird auf bis zu 70% geschätzt...“.* (Müller, 2010) Seite 2 [30]

Die folgenden Kalkulationen stellen ein überschlägig berechnetes Potenzial dar. Genauere Berechnungen konnten nicht durchgeführt werden, da eine zuverlässige Datenbasis fehlte.

Niedrigenergiehäuser:

Niedrigenergiehäuser sind Gebäude mit einem Energieverbrauch von 40 bis 80 kWh/m²Jahr. In Summe belaufen sich diese, wie in Abbildung „Bundesländerverteilung nach kWh/m²Jahr“ ersichtlich, auf 284 Gebäude. Bei einer Marktdurchdringung von nur 10 Prozent kann mit einem Absatz von 28 Einheiten gerechnet werden.

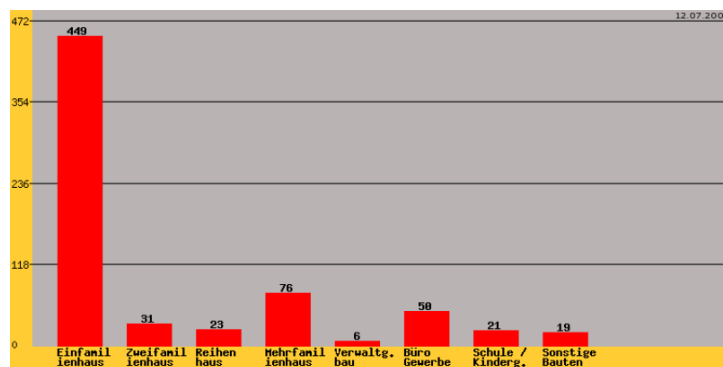
Passivhäuser:

Bei einer Anzahl von 551 Passivhausprojekten in Planung pro Jahr und einer Marktdurchdringung von nur 10 Prozent kann mit einem Absatz von 55 Einheiten gerechnet werden.

In Summe kann mit 83 Einheiten pro Jahr für Passiv- und Niedrigenergiehäuser gerechnet werden.

Sanierungen:

Bezogen auf die Grafik „Energieträgerverteilung 1“ und einer angenommenen Sanierungstätigkeit von nur 5 Prozent pro Jahr ergeben sich 100.000 Sanierungen pro Jahr. Die Aufteilung auf sanierbare, übergeordnete Objekte ist schwierig, da die Haushalte in weniger Objekten zusammengefasst sind (Zweifamilien-, Mehrfamilien- und Reihenhäuser). Aus folgender Abbildung ist zu entnehmen, dass die Summe dieser ca. 130 Objekte beträgt.



Verteilung nach Objekttypen

Bei einer Marktdurchdringung von nur 10 Prozent kann mit einem Absatz von 13 Einheiten für Sanierungen gerechnet werden.

Öffentliche und sonstige Gebäude:

Die Abbildung „Verteilung nach Objekttypen“ – zeigt dass die Summe dieser Objekte ca. 96 beträgt. Bei einer Marktdurchdringung von nur 10 Prozent kann mit einem Absatz von 9 Einheiten für Sanierungen gerechnet werden.

Fazit und Summierung des theoretischen Marktvolumens:

Aus der Summe der einzelnen oben angeführten Märkte ergibt sich für Österreich ein theoretisches Marktpotenzial von 105 Einheiten pro Jahr. Wobei der Zielmarkt natürlich nicht ausschließlich der österreichische sein sollte. Eine Ausdehnung auf den gesamteuropäischen Markt (zumindest innerhalb der EU) ist natürlich sinnvoll

und würde das Potenzial deutlich erhöhen. Zusätzlich gäbe es mit Pensionen, Hotels, Campingplätzen, Sport- und Betriebsstätten ein weiteres Potenzial am Markt.

4.4 Mögliche Markteintrittsbarrieren der LWS

Die Einführung einer neuen Technologie erzeugt zu Beginn immer Skepsis bezüglich deren Funktion, Sicherheit, Rentabilität usw. Solche Barrieren könnten durch folgende Maßnahmen überwunden werden:

- Nachweis der Leistungs- und Energiekennzahlen durch ein unabhängiges Institut
- Nachweis der Unbedenklichkeit der verwendeten Materialien durch entsprechende Prüfinstitute
- Lobbying für das Produkt bei einschlägigen Planungsbüros
- Lobbying für das Produkt bei entsprechenden Regierungsstellen

4.5 Wettbewerb und Substitutionsprodukte

Aus den vorhin angeführten Statistiken ist erkennbar dass der Bestand an EFH in Österreich zu Zeiten gebaut wurde in denen die Energiekosten sehr viel niedriger waren als heute. Instandhaltung und ständige Veränderungen der Bausubstanz haben eine Vielzahl von alternativen Heizsystemen entstehen lassen die mehr oder weniger alle ihre Berechtigung in der Energie- und Emissionseinsparung finden. Somit ist ein Vergleich der Substitutionsprodukte und des Wettbewerbs schwierig. Im Endeffekt ist der einzig aussagekräftige Vergleich jener der Amortisationsrechnung. Zumindest aus Sicht des Hausbesitzers. Was am Ende am freien Markt, „förderungsbereinigt“, immer auch noch ausschlaggebend ist.

Beim Thema der Latentwärmespeicherung jedoch sind direkte Substitutionsprodukte ebenso wenig vorhanden wie ein direkter Wettbewerb. Ein Verdrängungswettbewerb durch die Hersteller von Solarpaneelen ist nicht zu erwarten, da ein LWS das Vorhandensein von Solarpaneelen voraussetzt. Besser wäre eine Kooperation mit den Herstellern von Solarpaneelen. Da auch diese von dem Verkauf der LWS profitieren würden.

Eine mögliche Bedrohung könnten möglicherweise die Hersteller von Wärmepumpensystemen darstellen. Dieses Potenzial ist jedoch als gering einzustufen, da die LWS nicht die volle Energieversorgung eines EFH gewährleisten

können. Somit besteht immer noch die Erfordernis einer alternativen Zuheizung. Dies wäre in Folge mit Wärmepumpenanlagen im Gesamtsystem realisierbar.

Hersteller von Tiefenbohrungssystemen könnten den LWS als Konkurrenzprodukt ansehen aufgrund dessen Verwandtschaft als „energieträgerfreies“ Heizsystem.

Diese Technologie ist jedoch nicht sehr weit verbreitet. Laut

Bundesumweltministerium betrug der Marktanteil im Jahr 2004 rund 0,04 Prozent. Es gibt Bestrebungen den Marktanteil der Tiefenbohrungssysteme bis zum Jahr 2020 auf sieben Prozent zu erhöhen. Somit ist auch dieses „Bedrohungspotential“ eher als gering einzustufen.

Hersteller von konventionellen Heizsystemen (Öl und Gasheizungen) sind sowieso bereits politisch so unter Druck als dass diese nicht mehr direkt als Konkurrenz auftreten könnten. Hersteller von Ölkesseln könnten, im Hinblick auf die Verminderung der Taktzeiten und den CO₂ Ausstoß, sogar als „hilfreiche Vertriebschiene“ dienen. Dasselbe gilt für Hersteller von Pellets- und Hackschnitzelheizungen. Ob sich solche Anwendungen aber rechnen wird später geklärt.

Es gibt natürlich noch viele weitere Anbieter von alternativen Heiz- oder Speichersystemen. z.B. *„werden PCM bereits auch dem Beton beigemischt um eine „direkte Speicherung“ der Wärmeenergie in der Gebäudesubstanz zu ermöglichen“* (Hanus, 2006) Seite 27 [17]. Auch die Integration der PCM in Fassadensysteme, Gipskartonplatten u. Ä. ist angedacht und wird erforscht. Auf solche Systeme wird hier nicht eingegangen da diese „nicht direkt“ in die Gebäudeheizung integriert sind oder integriert werden können. Es handelt sich dabei um die Einbindung des PCM in die Gebäudesubstanz. Es wird dabei ein sehr interessanter, jedoch auch systemtechnisch völlig anderer Ansatz verfolgt.

5 Investitionskostenrechnung und Förderungsumfeld

Im Umfeld von CO₂ Einsparung und bundes- bzw. landesweiten Initiativen zur Schadstoffausstoßverringerung von Heizungsanlagen in Einfamilienhäusern können die Investitionskosten in ein solches System nur gesamtheitlich betrachtet werden. Bei der Anschaffung eines alternativen Energiesystems sind die entsprechenden Investitionskosten in der Praxis immer auch direkt von den entsprechend generierbaren Förderungen abhängig. Somit sind diese natürlich auch als Faktor zu berücksichtigen. Da nahezu alle alternativen Energiesysteme in irgendeiner Art gefördert werden ist ein Vergleich dieser Systeme auch nur unter Berücksichtigung der Förderungen Aussagekräftig. Am Ende zählen für den Kunden (Hausbesitzer) jedoch der Mix aus Investitionssumme und den folgenden Betriebskosten. Diese sind die gängigen Entscheidungskriterien für den Kauf einer entsprechenden Heizungsanlage. Um einen relativ einfachen, wirtschaftlichen Vergleich zwischen den verschiedenen Systemen zu erlangen gibt es in der Literatur gibt es viele Betrachtungs- und Berechnungsarten in der Amortisation der Investition. Beispielhaft sind hier die gängigsten angeführt:

- Investitionskosten für die eingesparte Energie in Cent/kWh
- Investitionskosten der Maßnahmen in €/m²
- Einsparung der aufzuwendenden Heizenergie relativ in % zu vorher
- Jährliche Einsparung in €/m²a oder „Verringerung kWh/(m²a)“
- Substanz - Restwert in €/m²
- CO₂ Einsparung in kg/m²

Wobei die Betrachtung hier strikt eine rein wirtschaftliche ist. In der Praxis sind die Kosten zwar vorwiegend der am meisten relevante Entscheidungsfaktor. Aber es werden auch zunehmend ökologische Faktoren in solche Investitionsüberlegungen miteinbezogen. Diese werden nachfolgend aber komplett außer Acht gelassen.

Als Vergleichsbasis für die nachfolgenden Amortisationsrechnungen der verschiedenen Systeme dienen hauptsächlich die Investitionskosten der eingesparten Energie in Cent/kWh.

Die unten angeführten Beispiele sollen als Anhaltspunkt für eine geplante Investition zum Vergleich mit einem LWS – System dienen. Es soll geklärt werden wie wirtschaftlich die LWS im Vergleich mit anderen Systemen sind. Nicht eingegangen

in die Kalkulation sind sogenannte „Ohnehin Synergien“. Damit ist gemeint dass manche Maßnahmen im Zuge einer Erneuerung oder Sanierung „ohnehin“ erforderlich sind. Und im Zuge dieser Maßnahmen können, in Synergie, auch zusätzliche Maßnahmen kostengünstiger als abgegrenzte Einzelmaßnahmen durchgeführt werden. Z.B. wenn ein Dachausbau geplant ist sollte eine zumindest wirtschaftlich sinnvolle Wärmedämmungsmaßnahme parallel eingeplant und durchgeführt werden. Einfach aufgrund der Tatsache dass gewisse Vor- und Nachteile in den entsprechenden Arbeiten sowieso notwendig sind und bei gemeinsamer Durchführung nicht zu doppelten Kosten führen.

Die Frage der Wirtschaftlichkeit der vorgestellten Maßnahmen wird ausschließlich aus Sicht des Hausbesitzers (Investor) behandelt. Um unhaltbare Energie- und Zinnspreisspekulationen zu vermeiden wurde der Betrachtungszeitraum der Investitionen auf maximal 20 Jahre angesetzt. Bei den Wärmedämmmaßnahmen wurde, aufgrund deren Lebensdauer und somit Langfristigkeit der Investition, der bestimmbare Restwert der geschaffenen Substanz miteinbezogen. Bei den anderen Systemen wurden erforderliche Kosten der Wartung und Instandhaltung miteinbezogen, sofern sich diese zu den bisherigen Kosten abgrenzen lassen bzw. diese verringern oder erhöhen.

Je nach Art des Systems werden zur Messung der Wirtschaftlichkeit Zins und Tilgung (Kapitalkosten) auf jene Energie bezogen die eingespart werden kann. Es werden also die Kosten der Investition pro eingesparte Kilowattstunde bestimmt. Dies ist aber nicht immer möglich da bei vielen Systemen keine Energieeinsparung erfolgt als vielmehr nur eine Verringerung der Energiekosten.

Natürlich sind alle Berechnungen Abhängig vom Energiepreis. Dies ist einer der Haupt – Einflussfaktoren auf die mögliche Einsparung. Das Problem dabei ist jedoch die hohe Volatilität des Energiepreises von Heizöl oder Erdgas. Eine vergleichende Betrachtung ist somit schwierig da sich der Grundpreis pro Energieeinheit in Investitionszeitraum sicher stark ändern wird bzw. starken Schwankungen ausgesetzt ist. Als Folge und um diesen Schwankungen gerecht zu werden wurde hier, sowie auch in einschlägiger Literatur ein sogenannter „Misch – Endenergiepreis“ eingeführt. Dieser berechnet sich aus den Steigerungsraten des Energiepreises im Betrachtungszeitraum sowie den erforderlichen Nebenenergiekosten. Die Folge ist eine einfachere Vergleichbarkeit der Investitionen mittels diesem Misch – Endenergiepreis der eben die Energiekosten auf den Investitionszeitraum

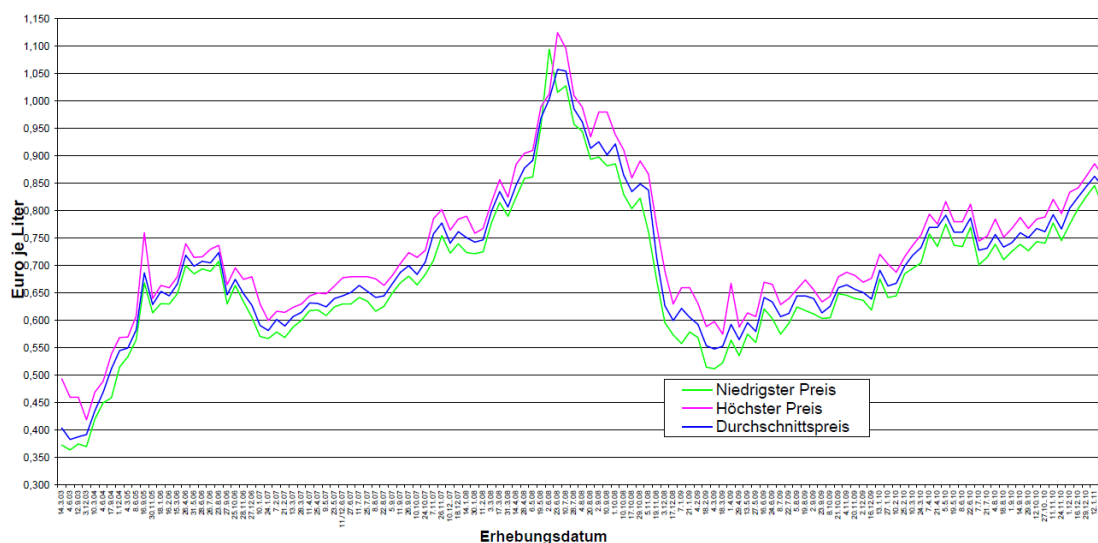
„normalisiert“ und somit vergleichbar macht. „Als wirtschaftlich kann die Investition dann angesehen werden wenn der aktuelle Misch – Endenergiepreis von Heizöl und Erdgas über dem Wert der Einsparung liegt“ (BSI, 2008) Endbericht Seite 2 [4].

Alle berechneten Preise werden immer inkl. MWSt. veranschlagt da es sich um eine Endnutzer – Investition handelt.

5.1 Der Misch – Endenergiepreis für den Betrachtungszeitraum

Wie eingangs erwähnt muss als Basis für die Amortisationsrechnungen der Misch – Endenergiepreis für den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren bestimmt werden. Der sich ständig verändernde Energiepreis ist letztendlich einer der größten Einflussfaktoren auf die Annuität in der Einsparung. „War z.B. 2002 noch durchschnittlich mit einem Faktor von 2Cent/kWh beim Endenergiepreis zu kalkulieren, war dieser Faktor 2008 schon bei 6Cent/kWh“ (Hegner, 2008) Seite 279 [18]. Schlussendlich gilt dass der einzig monetäre Nutzen einer Investition zur Energieverbrauchsvermeidung oder Energieeinsparung die eingesparten Energiekosten selbst sind. Oder, wie in den Berechnungen als Mittel berücksichtigt, der steigende Energiepreis über die Kalkulationsperiode.

Wie wird nun dieser Energiepreisfaktor eines zukünftigen Investitionszeitraumes von 20 Jahren berechnet: Betrachtet man dazu die Entwicklung der letzten Jahre so ist eine Preissteigerung bei Heizöl von 2003 bis 2011 von mehr als 100% zu verzeichnen. In Zahlen: von ca. 40 Eurocent/l auf ca. 85 Eurocent/l.



Ölpreisentwicklung

(Quelle Grafik: Arbeiterkammer Österreich, Jänner 2011) Heizölpreisentwicklung 2003-2011 [1].



Öl- und Gaspreisentwicklung

(Quelle Grafik: Fastenergy, Jänner 2011) Heizölpreis-Erdgaspreis-Vergleich [10].

Man sieht also dass sich somit auch der Misch – Endenergiepreis von Heizöl und Erdgas in den letzten 8 Jahren ziemlich genau verdoppelt hat, also auch eine Preissteigerung von ca. 100% aufweist. Um nun auf den zukünftigen Misch – Endenergiepreis zu schließen kann aus aktueller, einschlägiger Literatur zu diesem Thema folgendes als Basis herangezogen werden: „*Da Prognosen über einen solchen zukünftigen Verlauf recht schwierig sind wird der mittlere Misch – Endenergiepreis für Öl und Gas, als Kalkulationsbasis für die folgenden Investitionsberechnungen, bei 6,9Cent/kWh angesetzt*“ (Hansen, Matthes, 2010) Seite 47 [16].

Zusätzlich zum Misch – Endenergiepreis muss aber noch ein Faktor für die immer erforderliche elektrische Hilfsenergie addiert werden. Diese ist für den Wärmetransport durch das Gebäude erforderlich. Der zusätzliche, pauschal angenommene Hilfsenergiesatz soll also die Stromkosten von Umwälzpumpen, Ventilantrieben, der Regelung und allen anderen erforderlichen elektrischen Komponenten mit einbeziehen.

Vereinfachend wird hier aber nicht auch noch zusätzlich auf den Nutzungsgrad eingegangen. Es gilt: Der Nutzungsgrad der Heizung wird hier nicht berücksichtigt. *Im Gegensatz zu Feist der diesen mit 90% annimmt*“ (Feist, 1994) Seite 129 [12]. In den folgenden Berechnungsbeispielen wird also immer mit einem Nutzungsgrad der Heizung von 100% gerechnet. Was natürlich nicht den 365 Tagen im Jahr entspricht, sondern nur den entsprechenden Heizgradtagen des Jahres (bzw. genauer, den „Heizgradstunden“). Somit wird zum Misch – Endenergiepreis nur noch der

elektrische Hilfsenergiebedarf hinzugezählt. Bei einem mittleren Strompreis im Berechnungszeitraum von 19 Cent/kWh beträgt der Preis der Endenergie somit:
 $6,9\text{Cent/kWh} + 1,9\text{Cent/kWh} = \mathbf{8,8\text{Cent/kWh}}$.

Getrennt dazu muss die Entwicklung des Strom – Endenergiepreis betrachtet werden. Dies ist für die weitere Verwendung in den Vergleichen der Photovoltaik-Wärmepumpensysteme erforderlich (Sinngemäß nach Schulz; Bartels; Gatzert; ..., 2005) Seite 75 [35]. Zur Kalkulation wird ein Mischwert von **23,5Cent/kWh** verwendet.

5.2 Berechnungsmethodik

Vorab eine Beschreibung der angewandten theoretischen Grundlagen als Basis der Amortisationsberechnungen. Folgende Annahmen werden getroffen, folgende Bezeichnungen verwendet:

Nutzungsdauer: $n = 20$ (auch aufgrund haltbar vorhersagbarer Energieprognosen)

Kalkulationszinssatz: p

Investition: I

Restwert der Investition nach Ablauf der Kalkulationsdauer: R

Gewinn: $G = 20\text{Jahre} \cdot (I - R)$

Annuitätenfaktor (Kapitalwertfaktor): $\text{KWF}^{20} = \frac{p \cdot (1 + p)^n}{(1 + p)^n - 1}$

Annuität: $A = I \cdot \text{KWF}$

Jährliche Kapitalkosten: $K_i = a \cdot (I - R)$

Wirtschaftlichkeit: $W = (G \cdot 20) - I$

Wirtschaftlichkeit liegt vor wenn der Gewinn durch die Maßnahme größer ist als die Investition. Die jährliche Rendite (der „jährliche Gewinn“) berechnet sich dann aus der Differenz der Kapitalkosten abzüglich der jährlich eingesparten Energiekosten plus allfälliger Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen. Wobei diese je nach Bedarf auch teilweise bereits in den Investitionskosten berücksichtigt wurden.

5.2.1 Annuität

Um die Annuität der Investition einfach zu den Energie- und Wartungskosten zu addieren wird, mit Bezug auf die VDI, hier die Annuitätenmethode angewandt

(Interpretation VDI 2067, 2010) [46]. Dies vereinfacht den Vergleich zwischen den verschiedenen Investitionen da die, als konstant angenommenen, Betriebskosten einfach zur Annuität addiert werden können. Über die Nutzungsdauer n wird die Investition I auf den Zeitbezugzeitpunkt t_0 bezogen umgerechnet. Diese Methode zur Berechnungen der Wirtschaftlichkeit ist in der Energieversorgung auch die gängigste. Gerechnet wird jeweils immer mit einem Darlehen mit konstanter Annuität. Wäre eine konstante Tilgung beim Darlehen vereinbart würde sich natürlich der Gesamtaufwand des Kredites verringern. Umgekehrt zum endfälligen Kredit der natürlich den Gesamtaufwand erhöhen würde. Solche „Details der möglichen Berechnungsarten“ werden hier aber nicht berücksichtigt. Da diese bei der vergleichsweise recht niedrigen Investitionssumme nicht so ausschlaggebend sind. Außerdem ist das Annuitätendarlehen (Darlehen mit konstanter Annuität) das meistverkaufte Produkt der Banken in diesem Bereich.

5.2.2 Investitionskosten

Die Berechnung wird auf Basis der vollen Kosten durchgeführt. Es werden also Anschaffung, Planung, Installation und Inbetriebnahme der jeweiligen Investition mit eingerechnet. Aber exklusive eventuell möglicher „ohne Synergien“ wie eingangs beschrieben. Dies dient der besseren Vergleichbarkeit der Investitionen untereinander. Könnte im Einzelfall jedoch zu einer starken Verbesserung bzw. Verzerrung der Investition führen.

5.2.3 Zinskalkulation

Zusätzlich wird auch die Teuerungsrate berücksichtigt. Es muss somit der Realzins berechnet werden um eine bessere Aussagekraft der Einsparung über den langen Berechnungszeitraum zu erzielen.

Inflationsrate: i

Nominalzins: p_{nominal}

Realzins:
$$p_{\text{real}} = \frac{(1 + p_{\text{nominal}})}{(1 + i)} - 1$$

Dies ergibt bei aktuell sehr niedrigen nominalen Zinssätzen, einer mittleren Teuerungsrate bei einem „harmonisierten Verbraucherpreisindex“ auch ein recht niedriger Realzinssatz von 1,3% (Statistik Austria, 2010) „harmonisierter VPI“ - Verbraucherpreisindex [38]. Zur Berechnung wird aber nicht der aktuell niedrige

Zinssatz verwendet sondern ein Aufschlag von 2,2% getätigt um den sicherlich wieder steigenden Zinsen über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren gerecht zu werden. Es ergibt sich also ein **Realzinssatz** von **3,5%** der in den späteren Kalkulationen verwendet wird.

Weitere Grundlagen zu den obigen Annahmen:

Nominalzinssatz (Euro – Zinsswap – Satz): 3,831% (Der Standard, 2010) ISDA Swapsätze [5]

Gemäß meist vereinbarter variabler Verzinsungsregeln auf den Stichtagswerten des „Euro – Zinsswap 3 Jahre“ des Jahres 2010 (Brady, 2011) Rate Swaps Worldwide [3].

Weiteres wird eine Teuerungsrate von 2,1% angenommen (Wirtschaftskammer Österreich, Dez. 2010) Wirtschaftslage & Prognose [49]. Basierend auf einer angenommenen Normalisierung der schwankenden Raten über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren.

Obige Annahmen sind natürlich vom „Euro – Zinsswap 3 Jahre“ abhängig und können schwanken. Die Werte sind also eine Annahme die getroffen wird um einen Mittelwert der Entwicklung im Kalkulationszeitraum zu schaffen.

5.2.4 Restwertkalkulation

Da die Investition nach Ablauf der Kalkulationsdauer teilweise noch weiter genutzt werden kann bzw. evtl. auch verkauft wird ist die Betrachtung des Restwertes sinnvoll. Vor allem da die Nutzungsdauer der Gebäude praktisch meist viel länger ist als der Kalkulationszeitraum. Dies gilt aber nur für Investitionen die eine längere Lebensdauer als 20 Jahre aufweisen. Was schlussendlich dann nur auf die Wärmedämmung zutrifft.

Es ergibt sich der Restwert aus dem Produkt der Annuitäten über die Nutzungsdauer (abzüglich möglicher weiterer Investitionen). Um die Abzinsung der jährlich konstanten Kosten auf den Anfangszeitpunkt zu beziehen wird der Barwertfaktor verwendet. Dieser wird miteinbezogen um letztlich den Barwert der während der Berechnungsdauer anfällt zu bemessen. Der Barwertfaktor berechnet sich wie folgt:

$$B = \frac{(1+p)^n - 1}{p}$$

Daraus ergibt sich dann der Barwert der während der Kalkulationsdauer anfällt:

$$K_0 = a_{\text{Nutzungsdauer}} * B_{\text{Kalkulationsdauer}} * I$$

Dies ergibt am Ende den Restwert der Investition nach Ablauf der Kalkulationsdauer:

$$R = (1 - a_{\text{Nutzungsdauer}}) \cdot B_{\text{Kalkulationsdauer}})) \cdot I$$

Folgende Tabelle zeigt die Restwertverteilung in Prozent bei unterschiedlichen Zinssätzen und Nutzungszeiten.

		Realzins [%]		
		3	3,5	4
Nutzung [Jahre]	30	24	23	21
	40	36	33	31
	50	42	39	37

Restwertverteilung

Es wird der Restwert aber nur in der Berechnung der Wärmedämmung verwendet da diese eben einen viel längeren Nutzungszeitraum als die anderen Systeme aufweist. Bei allen anderen Investitionen wird angenommen dass die Nutzungszeit gleich dem Berechnungszeitraum ist. Dies soll der Vereinfachung dienen, vor allem deswegen da der kalkulatorische Restwert der Rückzinsung meist nicht mit dem praktisch vorhandenen Restwert übereinstimmt. Der Restwert ist meist viel niedriger aufgrund der sich schnell ändernden Technologie in diesem Bereich. Wobei anzumerken ist dass eine Betriebslaufzeit der Systeme meist nur geringfügig höher als die angenommenen 20 Jahre ist. Vor allem bei den Solar- und Photovoltaikanlagen sinkt der Wirkungsgrad danach meist rapide. Und sollte dieser nicht sinken, dann sinken die entsprechenden Förderungen ab dieser Zeit stark ab. Auch die Wärmepumpen weisen im Durchschnitt eine maximale Lebensdauer von 20 Jahren auf. Danach ist meist der Kompressor oder verschiedene andere Komponenten zu tauschen was praktisch meist nicht wirtschaftlich ist. Ein gesamter Austausch des Heizungssystems ist dann wirtschaftlich meist sinnvoller.

5.3 Förderungsumfeld

Bundes- und Landesweit werden, bis auf die fossilen Brennstoffe keine konkreten Einschränkungen auf bestimmte Energieerzeuger bzw. Energieträger getroffen. Weiters wird auf die Energiespeicherung als Energiesparmaßnahme überhaupt nicht eingegangen. Allgemein gilt dass alle CO₂ sparenden Maßnahmen förderungswürdig sind. Sei es nun als Energieträger in der Vermeidung der Verursachung oder als Alternative, wie z.B. auch ein Energiespeicher. Die Allgemeinen Richtlinien zum Einsatz alternativer Energiesysteme, beispielsweise des Landes Steiermark lauten

wie folgt: „Aus Gründen des Klimaschutzes und der vertraglichen Verpflichtungen Österreichs im Rahmen des Kyoto-Protokolls (Kyoto - Staatsvertrag mit den Bundesländern vom 22. Jänner 2006) ist die Verwendung fossiler Energieträger einzuschränken. Im Rahmen der Wohnbauförderung ist die Beheizung mit fossilen Brennstoffen grundsätzlich ausgeschlossen. Gemäß § 5 Abs.4 der Durchführungsverordnung zum Bundesland-Wohnbauförderungsgesetz 1993 LGBl. Nr.88/2006 ist jedoch der Einsatz von Öl und Gas zur Wärmebereitstellung nur mehr in Ausnahmefällen zulässig. Grundsätzlich ist einer Wärmeversorgung mit Fernwärme der Vorrang einzuräumen. Bei Vorhandensein eines Fernwärmenetzes am Standort des mit einem Heizungssystem zu versorgenden geförderten Wohnbaues (Eigenheime oder Eigenheime in Gruppen) ist an dieses Fernwärmenetz anzuschließen“ (Land Steiermark, 2011) Allgemeine Voraussetzungen zur Förderung [25].

5.3.1 Förderungswürdigkeit der LWS

Da wie im vorherigen Kapitel erwähnt keine Einschränkung auf die Systemtechnik erfolgt wird seitens Bund und Land auch keine konkrete Aussage zur Förderung von Latentwärmespeichern getätigt. Vor allem da es noch keine Produkte am Markt gibt, können natürlich auch keine Kriterien und kein Förderungsmaß erstellt werden. Im folgenden Kapitel werden die förderungswürdigen Maßnahmen laut Förderungstafel genauer angeführt. Die Förderung eines LWS, wäre er marktreif und als Produkt verfügbar, würde nach den Detailinformationen „Innovative Technologien (Photovoltaikanlage, Brennstoffzellen und dgl.)“ also immer einer Einzelfallprüfung unterliegen. Was laut telefonischer Auskunft die Genehmigungsphase wahrscheinlich verlängern, im Regelfall jedoch auch zur Auszahlung der Förderungen führen würde. Somit kann davon ausgegangen werden dass die LWS in ähnlicher Höhe wie Wärmepumpen, Photovoltaikanlagen oder Brennstoffzellen gefördert werden. Wie im späteren Kapitel „Target Costing auf Basis der Amortisationsvergleiche“ ermittelt bewegt sich der erzielbare Preis pro LWS – Einheit bei €10.000 bis €12.000. Somit wird eine pauschale, erzielbare Förderung von €4.000 angenommen. Dies soll die Landes- und Gemeindeförderung beinhalten.

5.3.2 Kriterien zur Förderungswürdigkeit

In Österreich fallen Förderungen und Finanzierungen in die Zuständigkeit der jeweiligen Bundesländer. D.h. das jeweilige Bundesland schreibt vor welche

Vorhaben in welcher Art und Größe, im entsprechenden Umfeld gefördert werden. Es ist also schwierig eine generelle Aussage über ganz Österreich zu treffen. Wobei letztendlich sich die Förderungen im Grunde auch wieder nur wieder gering voneinander unterscheiden.

Folgende Bauvorhaben werden bundesweit in Österreich im Vermieter- und privaten Endnutzerbereich finanziell unterstützt (Auszugsweise nach dem Land Steiermark, 2011) Förderungen und Finanzierungen [26]:

- Fernwärmeanschluss
- Energie sparenden, ökologischen und behindertenfreundlichen Maßnahmen
- Sicherheitsmaßnahmen an Wohnhäusern, Wohnungen und Wohnheimen
- Neuschaffung oder Erweiterung von Wohnraum in bestehenden Eigenheimen

Natürlich sind die jeweiligen Förderungen an zahlreiche weitere Bedingungen und „Wenn“ und „Aber“ – Verknüpfungen gebunden die hier aufzuzählen den Rahmen sprengen würde. Konkret werden, für den Bereich der LWS und zum Amortisationsvergleich relevant, folgende Investitionen gefördert:

- Energie sparende und ökologische Maßnahmen
- Errichtung oder Umgestaltung der Haustechnikanlagen
- Automatische Biomasseheizungen (Hackschnitzel oder Pellets)
- Stückholzspezialkessel mit mindestens 800 Liter Pufferspeicher
- Teilsolare Heizung mit mindestens 1.500 Liter Pufferspeicher
- Heizkesseltausch und Heizanlagen mit fossilen Brennstoffen (Öl, Gas) werden nur unter bestimmten Voraussetzungen gefördert, u. a. muss der Heizkessel mit Brennwerttechnik ausgestattet sein
- Maßnahmen zur Verminderung des Energieverbrauches
- Solaranlagen, Wärmepumpe für Heizung und/oder Warmwasserbereitung (Jahresarbeitszahl von mindestens 4.0)
- Heizungsanlage mit Lüftungswärmerückgewinnung
- Maßnahmen zur Erhöhung des Schall- oder Wärmeschutzes der Fenster, Außentüren, Außenwände, Dachschrägen, Wände zum nicht beheizten Dachraum, obersten Geschossdecken sowie Wände und Fußboden gegen das Erdreich

Weitere Einschränkungen sind (beispielhaft):

- Das Jahresnettoeinkommen (Familieneinkommen) darf €34.000 nicht überschreiten
- Es muss sich um einen Hauptwohnsitz handeln
- Die Nutzfläche muss mindestens 30m² betragen
- Der Antrag muss von einer amtlich anerkannten Energieberatungsstelle „positiv“ behandelt worden sein (es muss dem Antrag zumindest in Teilen stattgegeben worden sein)
- Fossile Energieträger werden nahezu nicht mehr gefördert
- Einschränkung auf den Heizwärmebedarf und das A/V-Verhältnis (Erklärung dazu siehe folgend)

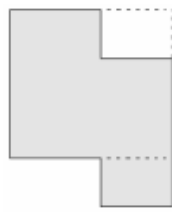
Zwei weitere Kriterien der Förderungswürdigkeit sind der Heizwärmebedarf (HWB) und der Formfaktor (A/V – Verhältnis) (Auszugsweise nach dem Amt der steirischen Landesregierung, 2011) Informationsblatt Seite 1 [24].

	HWB _{BGF,max,3400} in kWh/m ² ,a	
	bei einem A/V-Verhältnis $\geq 0,8$	bei einem A/V-Verhältnis $\leq 0,2$
bis Ende 2009	65	35
ab 1.1.2010	45	25
ab 1.1.2012	36	20

Formfaktor entsprechend Energieklasse

BGF: Bruttogeschossfläche

Wobei der Heizwärmebedarf bereits in der Forschungs- und Entwicklungsarbeit ausführlich beschreiben wurde und somit hier nicht mehr erklärt wird. Zusätzlich wird noch der Formfaktor berücksichtigt. *Der Formfaktor (A/V – Verhältnis) beschreibt die Oberfläche der Gebäudehülle geteilt durch dessen thermisch beheiztes Volumen. Je kompakter das Haus in seinem Grundriss aufgebaut ist umso „energiesparender“ ist dessen Formfaktor in Bezug auf dessen Beheizbarkeit. Anders formuliert, ein quadratisches Haus ohne Zubauten ist allein von dessen Grundstruktur am energiesparendsten. Ein Beispiel* (Sinngemäß nach energiesparhaus.at, 2010) Fachbegriffe [8]:



Bei einem Haus mit diesem Grundriss müsste um 2 cm mehr Dämmung angebracht werden, damit es den gleichen Energieverbrauch aufweist wie das flächengleiche Haus mit quadratischem Grundriss.



Bei einem Haus mit diesem Grundriss müsste sogar um 4 cm mehr Dämmung angebracht werden, damit es den gleichen Energieverbrauch aufweist wie das flächengleiche Haus mit quadratischem Grundriss.

Formfaktor

Der Hintergrund eines besseren Formfaktors ist einfach die geringere Fläche gegenüber der kalten Außenluft im entsprechenden Verhältnis, die folglich zu geringeren Energieverlusten führt.

5.3.3 Ausmaß und Umfang der Förderungen

Gefördert wird entweder mittels Annuitätenzuschuss oder über einen Direktzuschuss. Wobei sich der Höchstbetrag der Förderungen im Schnitt bei ca. €30.000 oder 25% der anerkannten Kosten beläuft. Gültig für eine Familie mit einem Kind (nach durchschnittlicher Geburtenrate in Österreich). Wiederum nur geltend für den privaten Endnutzer Bereich.

Die angeführten Daten beziehen sich auf Recherchen über die einschlägigen Magistratsabteilungen der einzelnen Länder. Die oben angeführten Werte sind Durchschnittswerte über das gesamte österreichische Förderungsumfeld. In einzelnen Fällen können die Werte stark differieren. Weiters wird auch das jeweilige Förderungsmaß immer individuell festgelegt. Tirol und Vorarlberg weisen höhere Förderungen auf als z.B. die Steiermark und das Burgenland, welche das Schlusslicht in der Förderungshöhe bilden.

Generell gelten die jeweiligen *Informationsblätter für die Inanspruchnahme einer Förderung für die Errichtung oder Erweiterung eines Eigenheimes durch natürliche Personen nach dem - landesspezifischen – Wohnbauförderungsgesetz* (Amt der steirischen Landesregierung, 2009) Informationsblatt Seite 1 [23].

Folgend eine Übersicht der Fördertafeln beispielhaft für die Steiermark (Amt der steirischen Landesregierung, 2011) Allgemeine Voraussetzungen zur Förderung:

Jungfamilien; Unverheiratete unter 35 Jahren mit einem Kind; Familien mit 2 Kindern		Einzelpersonen; Ehepaare (Lebensgemeinschaften) mit einem Kind (beide, oder ein Partner ist älter als 35 Jahre)	
Art:	Rückzahlbare Annuitätenzuschüsse des Landes zu Bankdarlehen mit einer Laufzeit von 20 Jahren. Der Zuschuss erfolgt halbjährlich und ist vom 21. - 29. Jahr an das Land zurückzuzahlen.	Art:	Rückzahlbare Annuitätenzuschüsse des Landes zu Bankdarlehen mit einer Laufzeit von 20 Jahren. Der Zuschuss erfolgt halbjährlich und ist vom 21. - 29. Jahr an das Land zurückzuzahlen.
44.800,-	bei Errichtung von Eigenheimen	30.000,-	bei Errichtung von Eigenheimen für Einzelpersonen
3.700,-	je mitwohnendem Elternteil der (des) Förderungswerber(s)	33.700,-	bei Errichtung von Eigenheimen für Ehepaare (Lebensgemeinschaften)
7.000,-	max. je Alternativenergieanlage	3.700,-	je Kind
3.000,-	Zuschlag bei Anschluss an Fernwärme	3.700,-	zusätzlich für Familien mit zwei Kindern
10.000,-	Zuschlag für ein Niedrigenergiehaus (NEU)	3.700,-	je mitwohnendem Elternteil der (des) Förderungswerber(s)
15.000,-	Zuschlag für ein Super-Niedrigenergiehaus (NEU)	7.000,-	max. je Alternativenergieanlage
25.000,-	Zuschlag für ein Passivhaus	3.000,-	Zuschlag bei Anschluss an Fernwärme
15.000,-	Zuschlag für Berggemeinden	10.000,-	Zuschlag für ein Niedrigenergiehaus (NEU)
15.000,-	Zuschlag für Eigenheime in Gruppen	15.000,-	Zuschlag für ein Super-Niedrigenergiehaus (NEU)
20.000,-	Zuschlag für Eigenheime in Gruppen (mind. 10 EH, davon mind. 2 zusammengebaut, max. 400 m² Grundstücksfläche je EH)	25.000,-	Zuschlag für ein Passivhaus
15.000,-	Zuschlag für Schutzzonebauvorhaben	15.000,-	Zuschlag für Berggemeinden
2.000,-	Zuschlag für barrierefreies Bauen	15.000,-	Zuschlag für Eigenheime in Gruppen
3.000,-	Zuschlag für "klima.aktiv Haus"	20.000,-	Zuschlag für Eigenheime in Gruppen (mind. 10 EH, davon mind. 2 zusammengebaut, max. 400 m² Grundstücksfläche je EH)
3.000,-	Zuschlag für Sicherheitsvorkehrungen	15.000,-	Zuschlag für Schutzzonebauvorhaben
		2.000,-	Zuschlag für barrierefreies Bauen
		3.000,-	Zuschlag für "klima.aktiv Haus"
		3.000,-	Zuschlag für Sicherheitsvorkehrungen

Förderungstafel Steiermark

Weiters kommen zu den angeführten länderspezifischen Förderungen noch meist Förderungen der lokalen Gemeinden hinzu. Beispielhaft einige gebräuchliche Werte:

Art	Förderung [€]	Bemerkung
Solar / Photovoltaik [€/m²]	48	meist aber max. €1.000
Wärmepumpen für Warmwasser	374	Wasser/Wasser, Luft/Wasser
Hackschnitzelanlagen	300	
Holzvergaser	320	
Pelletsheizungen	379	
andere, oben nicht angeführte Holzheizungen	294	
andere, oben nicht separat angeführte Heizungen		wie z.B. Erdwärme, Energiebrunnen, TWD Fassadendämmung, usw.
Wärmepumpen die Gebäudeheizung	381	meist nur wenn als Alleinheizung eingesetzt, für die berechnete Heizlast

Förderungen der Gemeinden

Tabelle erstellt anhand von Durchschnittswerten aus telefonischer bzw. Email - Anfrage bei 10 steirischen Gemeinden.

5.3.4 Berechnungsgrundlagen der einzelnen Systeme für den späteren Amortisationsvergleich

Faktum ist dass nahezu jedes alternative Energiesystem welches nicht mit fossilen Brennstoffen betrieben wird in irgendeiner Art gefördert wird. Dies geschieht vor allem mit dem Hintergrund der Erreichung der Kyoto Ziele. Dauerhaft reproduzierbare Aussagen über die Förderhöhe zu einem jeweiligen System sind jedoch wie eingangs erwähnt schwierig zu treffen da das Umfeld und die Art der Förderungen sehr inhomogen und lokal unterschiedlich sind. Beim herunter brechen für den Vergleich der einzelnen Systeme wird also nur ein pauschaler Näherungsbetrag angenommen werden. Um so den Einfluss der Förderungen auf die Amortisation der verschiedenen Systeme gerecht zu werden. Zudem werden die Förderungen auch nicht von allen Investoren (Hauseigentümern) angenommen.

Schlicht aus dem Grund dass sie von den Förderungen nicht wissen oder ein Ansuchen darum mit zu viel Bürokratie verbunden ist. Konkrete Zahlen zur Inanspruchnahme der jeweiligen Förderungen als Prozentsatz des jeweiligen Bereiches (Wärmedämmung, Alternativenergie, usw.) wurden von der Behörde aber nicht bekannt gegeben. Sei es in Ermangelung der Daten oder aus Eigenschutz. Bei Haushalten mit über €34.000 Gesamt – Nettoeinkommen werden zusätzlich nahezu keine Förderungen mehr ausbezahlt. Somit gelten die folgend angeführten Pauschalbeträge nur für Familien bzw. Einzelpersonen mit Einkommen unter dieser Grenze. Aufgrund dieser Erkenntnisse ergeben sich folgende, pauschal angenommene Förderungen für die jeweiligen Systeme:

Annahmen bei Wärmedämmung:

Förderungen werden in der Höhe zwischen €10.000 bis €25.000, je nach Energieklasse des Hauses vor der Dämmung ausbezahlt. Bei einem durchschnittlichen Einfamilienhaus mit 135m² Wohnfläche sind dies ca. 180m² Dämmfläche (Außenhaut). Ausgehend von einem Formfaktor kleiner als 0,5. Davon fallen Kosten für die Isolierung von ca. 120€/m² an. Dies würde Kosten von €21.600 bedeuten. Ausschließlich für die Wärmedämmung der Außenwände bei einer Stärke von ca. 12cm Dämmstoff. Da diese 12cm nun aber noch nicht einem Niedrigstenergiehaus Standard entsprechen würden diese grundsätzlich schon nicht voll gefördert (Klasse „Niedrigenergiehaus, also Förderung max. €10.000). Würde man jedoch gleich mit einer Dämmung von 16cm Dämmstoffstärke isolieren, so würden sich die Kosten je m² nur leicht erhöhen. Die Förderung könnte jedoch voll ausgeschöpft werden da es sich dann um ein Niedrigstenergie- oder Passivhaus handeln würde. Es treten diese Kosten immer nur im „Gesamtpaket“ bei Neubauten und auch Sanierungen auf. Können also auch nicht direkt einer Einzelmaßnahme zugeordnet werden. Somit wird ein pauschaler Prozentsatz als Zuschlag zur Investition von 30% der Gesamtsumme angenommen. Bei einer Obergrenze von €15.000.

Annahmen bei Wärmepumpensystemen allgemein:

Hier ist der maximale Förderungssatz der Länder relativ konstant mit rund €7.000 angesetzt. Gültig für nahezu alle alternativen Wärmepumpensysteme (Luft / Wasser). Voraussetzung hierfür ist eine Jahresarbeitszahl von mindestens 4. Es wird meist

keine Eingrenzung über die Systemart gemacht. Es erfolgt also kein Ausschluss von Luft/Luft, Luft/Wasser oder Wasser/Wasser Wärmepumpen. Lediglich die Jahresarbeitszahl ist der bestimmende Faktor. Da die volle Förderhöhe in der Praxis wohl auch nicht immer ausgenützt werden kann, wird hier ein pauschaler Betrag von €3.000 angesetzt. Die Gemeindeförderung wird zu diesem Betrag addiert.

Annahmen bei solarthermischen Systemen:

Hier ist die Aufteilung der Förderungen zwischen den Ländern sehr unterschiedlich. Es gibt meist einen Sockelbetrag von ca. €1.000 (mit einer Abweichung von rund +/- €200, je nach Bundesland). Dazu werden herkömmliche Kollektoren mit durchschnittlich 50€/m² Kollektorfläche gefördert, Vakuum – Kollektoren mit durchschnittlich 70€/m² Kollektorfläche. Beispielweise wird eine Solaranlage mit 6m² Kollektorfläche und 300l Speicher im Burgenland, Oberösterreich und Vorarlberg mit rund €1.500 gefördert. Während in Wien €1.420, Kärnten €1.300 und Tirol €1.260 zu lukrieren sind. In Salzburg wird die Förderung Abhängig von der Effizienz der Solaranlage gemacht und liegt bei €600 bis €1.250. Am wenigsten erhält man in der Steiermark mit €1.000. Zusätzlich dazu sind im Lohnsteuerausgleich bis zu €2.920 als Sonderausgaben von der Einkommenssteuer absetzbar. In manchen Bundesländern werden höhere Sätze für Paneele nach sogenannter „Solar Keymark“-Richtlinie vergeben. Dies wird hier aber außer Acht gelassen da diese Aktionen meist nur kurzfristig gelten und vermutlich eher der Förderung der lokal angesiedelten Solarindustrie dienlich sind.

Unterschieden wird auch meistens zwischen Solarthermie für die Heizung und das Warmwasser. Dies erschwert eine pauschale Einrechnung noch zusätzlich. In diesem Fall wird die Förderung für solarthermische Anlagen zur Warmwasserbereitung außer Acht gelassen da der Grundgedanke des Amortisationsvergleiches für die Heizung der Gebäude gilt.

Somit ergibt sich ein durchschnittlicher Förderungssatz von 211€/m² Kollektorfläche bei einem Sockelbetrag von durchschnittlich €1.266 für die weiteren Berechnungen.

Annahmen bei Photovoltaik - Systemen:

Da sich der Großteil der Förderungen auf Anlagen mit max. 5kW_{peak} (5kW Spitzenleistung) beschränkt gelten die folgenden Annahmen auch nur für solche.

Das Förderungsumfeld ist wieder recht heterogen in den verschiedenen Bundesländern. Vor allem da einige Länder die Förderung in der Strom – Rückspeisung anbringen, andere eher in den Investitionskosten. Zusätzlich gibt es Förderungen vom Land, Bund und teilweise sogar den lokalen Energieversorgern. Bei den Investitionskosten liegen die Förderungen im Bereich zwischen €500 und €1.700 pro eingebautem 1kW_{peak} . Weiters werden für die Stromnetzeinspeisung im Durchschnitt ca. 38Cent/kWh gezahlt (mit Förderung). Dies wird aber nicht eingerechnet da diese Einspeiseförderung meist auf 10 Jahre begrenzt ist und danach vom Energieversorgungsunternehmen sehr viel weniger für die Einspeisung bezahlt wird. Außerdem ist dieser Förderungssatz wieder sehr unterschiedlich zwischen den Ländern verteilt und oft auch nicht vertraglich auf den gesamten Zeitraum garantiert.

Somit ergibt sich ein durchschnittlicher Förderungssatz von €1.100 pro kW_{peak} bei Neuinstallation (ohne Netzeinspeisung). Was meistens zu einer Förderung von €5.500 führt da die 5 kW_{peak} fasst immer ausgeführt werden und auch von den einschlägigen Firmen so angeboten werden. Unabhängig von den angegebenen Pauschalsätzen gilt, dass die Förderung des Klima- und Energiefonds 30% der anerkekbaren Investitionskosten (inkl. MwSt.) nicht überschreiten darf.

Annahmen bei Tiefenbohrung:

Diese Systeme werden oft auch geothermische Systeme genannt. Sie werden immer in Verbindung mit einer Wärmepumpe betrieben und deswegen bei den Förderungen nahezu gleich behandelt. Horizontale und vertikale Erdwärmetauscher werden in den Förderungen nicht immer gleich behandelt, bleiben an dieser Stelle aber unbeachtet da die Unterschiede meist recht gering ausfallen. Die Direktzuschüsse bewegen sich im Bereich von €1.500 bis € 8.000 (als Pauschalzuschüsse). Es wird ein durchschnittlicher Förderungssatz von €2.500 angenommen.

5.3.5 Fazit der Förderungen

Leider sind die Betrachtungsweise (die Betrachtungsgrundlagen) und die Art der Förderungen sehr heterogen über die Länder und Gemeinden verteilt sodass ein einfacher Vergleich der Zuschüsse in der Amortisationskostenrechnung immer ein Kompromiss ist. Bei einer Einzelfallbetrachtung je Investition wären evtl. höhere Förderungen als in folgender Tabelle angeführt generierbar. Grundsätzlich jedoch erkennt man an der Höhe der Förderungen dass deren Relevanz im Kostenvergleich

nicht unerheblich ist. Nachstehend eine Tabelle um einen schnellen Überblick über die Förderungen zu bekommen ohne jedoch auf die lokalen Unterschiede und Potenziale einzugehen.

System	Förderung Land	Förderung Gemeinden	Bemerkung
Wärmedämmung	30% der Investition	keine oder nur in Ausnahmefällen	Obergrenze €15.000
Wärmepumpensysteme	€3.000 pauschal	€ 381	
Solarthermische Systeme	€211/m ² Kollektorfläche €1.266 Sockelbetrag	48€/m ²	Obergrenze €4.000
Photovoltaik	1.100€/kW _{peak}	€ 400	Förderung nur bis max. 5kW _{peak} ==> meist €5.500 Direktzuschuss pauschal
Tiefenbohrung	€2.500	€ 250	

Übersicht der Förderungen

5.4 Amortisationsvergleich verschiedener relevanter Heizsysteme und Energiesparmaßnahmen

In den folgenden Kapiteln werden nun verschiedene, für das Umfeld des LWS relevante Heizsysteme und Maßnahmen zur Energieeinsparung verglichen. Dies soll als Überblick dienen, um eine Grundlage für die erzielbaren Marktpreise eines LWS in Konkurrenz mit anderen alternativen Systemen zu erlangen. Der Vergleich soll zeigen in wie vielen Jahren sich vergleichbare Systeme amortisieren und einen Überblick über die entsprechenden Investitionskosten verschaffen.

5.4.1 Wärmedämmung

Eine Wärmedämmung hat, wie auch oft in einschlägiger Literatur kolportiert das beste wirtschaftliche Kosten – Nutzen Verhältnis. Dies gilt für den Neubau, wo bestimmte U-Werte nach EnEV sowieso verpflichtend sind. Bei Sanierungsmaßnahmen gilt dies uneingeschränkt nur bei sehr alter Bausubstanz mit schlechten Ausgangs U-Wert. Wie später gezeigt ist die Wärmedämmung auch nur bei diesen alten Gebäuden am wirtschaftlichsten. Zusätzlich zur Energie- und Heizkosteneinsparung gibt es noch weitere, nicht monetäre Nutzen. Folgend zusammengefasst die wichtigsten Nutzen als Entscheidungskriterium der meisten Investoren (Hausbesitzer):

- Einsparung in den laufenden Heizkosten
- Gewinn an Komfort durch höhere Oberflächentemperaturen an Wänden, Böden und Decken
- Schutz der Bausubstanz durch Verlegung des Taupunktes außerhalb der Wände

- Schallschutz bzw. Lärmverringerung im Gebäudeinneren
- Wertsteigerung
- Sinkende CO₂ Bilanz, nahezu unabhängig vom Primärenergieträger der Gebäudeheizung

Die Kennzahl des U-Wertes [$W/(m^2K)$] ist hier die am meisten relevante Größe. Oft auch Wärmedurchgangskoeffizient genannt. Dieser bestimmt den Wärmedurchgang durch die Wärmedämmschicht, wenn auf beiden Seiten verschiedene Temperaturen anliegen. Er gibt die Energiemenge pro Zeiteinheit an, die durch eine Fläche von $1m^2$ fließt wenn sich die beidseitig anliegenden Lufttemperaturen stationär um 1K unterscheiden. Folgende Annahmen und Formeln werden der Berechnung zugrunde gelegt:

Jährliche Energieeinsparung: $E_s = q_{\text{ein}} * P_{\text{Wärme}} = q_{\text{ein}} * P_{\text{end}} / \eta$

spezifische Heizwärmeeinsparung: q_{ein}

Wärmepreis: $P_{\text{Wärme}}$

mittlerer Energiepreis inkl. Hilfsenergieanteil: P_{end}

Jahresnutzungsgrad: η

$G = E_s - K_i = q_{\text{ein}} * P_{\text{Wärme}} - a$

Zuerst muss jedoch geklärt werden wie stark (leistungsfähig) die Wärmedämmung ausgeführt werden soll. Es stellt sich die Frage ob auf Sicht des Nutzungszeitraumes ein U-Wert von z.B. $0,1 W/(m^2K)$ wirtschaftlicher ist als ein U-Wert von $0,2 W/(m^2K)$. Oder anders ausgedrückt, lohnt es sich das Gebäude mit 10cm oder 20cm Dämmstoffschicht auszustatten.

Es gäbe außer den hier angeführten Dämmstoffen noch ein weiteres System zur Wärmedämmung, die sogenannte „transparente Wärmedämmung“ (TWD). Hierbei wird zusätzlicher Teil der Einsparung aus dem Strahlungsgewinn der Sonne erzielt. Ähnlich der Passivnutzung der Sonnenenergie in Passivhäusern (Auszugsweise nach Eicker, 2001) Seite 285 [7]. Diese Technologie steckt jedoch noch genauso in den Kinderschuhen wie jene der LWS und wird hier nicht behandelt.

Es wird bei dieser Wirtschaftlichkeitsberechnung von einem Altbau (EFH mit Baujahr vor 1970) und nicht isolierten Gebäuden ausgegangen. Mit einem jährlichen Energiebedarf von $>1 W/(m^2K)$ der Gebäudehülle. Also mit einem Energieverbrauch größer als $200kWh/(m^2a)$. In diesem Fall ist das Ergebnis der Berechnung am

genauesten und spiegelt auch die praktischen Anwendungsfälle wieder. Denn Besitzer eines EFH welches bereits nach Niedrigenergiestandard gedämmt ist werden wohl kaum in eine Isolierung investieren als viel mehr in eine effizientere, kostengünstigere und umweltfreundlichere Heizung.

Ein wirtschaftlich idealer Wärmeschutz z.B. der Außenwände liegt bei ca. $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Feist, 2005) Seite 23 [13]. Dies entspricht immer einer bestimmten Stärke an Dämmmaterial. Anhand unten folgender Tabelle kann die Dämmstärke bestimmt werden (Kramer, 2010) Seite 656 et al. [22].

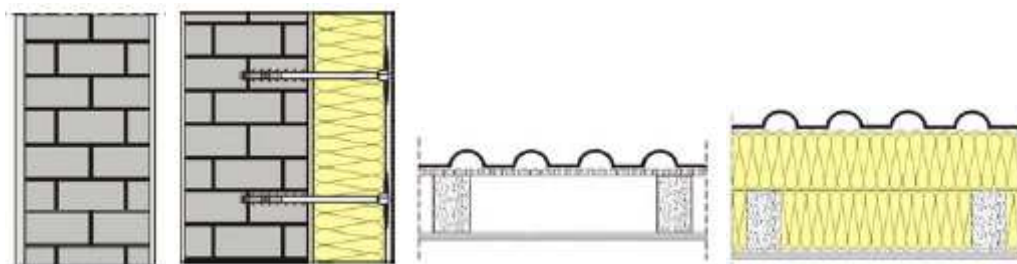
In der Literatur wird teilweise auch der Wärmedurchlasswiderstand, als R-Wert bezeichnet angeführt. Dieser bestimmt über seinen Kehrwert den Wärmedurchgangskoeffizienten.

		EnEV Anforderung Bestand		Niedrigenergiehaus-Komponenten		Passivhaus-Komponenten	
		Max. U-Wert	Zusätzl. Dämmstärke* (cm)	Typischer U-Wert	Zusätzl. Dämmstärke* (cm)	Typischer U-Wert	Zusätzl. Dämmstärke* (cm)
Außenwände	bei außenseitiger Erneuerung	0,35	9	0,21	16	0,15	24
	bei raumseitiger Erneuerung	0,45	6	0,35	8	0,30	10
Decke oder Dach	Steildach **	0,30	15	0,18	24	0,13	32
	Oberste Geschossdecke	0,30	11	0,16	24	0,12	32
	Flachdach	0,25	14	0,16	24	0,12	32
Kellerdecke bzw. Erdgeschoss	Bei kellerseitiger Erneuerung	0,40	6	0,34	8	0,22	14
	Bei raumseitiger Erneuerung	0,50	4	0,40	6	0,28	10
Fenster und Türen	Erneuerung von Verglasungen ***	1,5		1,2		0,8	
	Erneuerung einschließl. Rahmen	1,7		1,6		0,8	
	Türen	2,9		2,0		0,8	

*) Typisch für Ausgangs-U-Werte Baualterklasse 1958-1968, Dämmung mit WLG 040
 **) für den Dämmanteil zwischen den Sparren Berücksichtigung eines Holzanteils
 ***) U-Wert der Verglasung

Dämmwertstärken

Am Beispiel der Außenwanddämmung entsprechen die $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ also einer Dämmstärke von ca. 20 cm. Bei Verwendung günstiger und gängiger Fassadendämmplatten mit $0,040 \text{ W/(mK)}$ nach DIN 18164 B1/W.



Außenwand- und Sparrendämmung

Hier muss in der Amortisationsrechnung mit einem „Mischwert“ gerechnet werden da, wie später folgend in den Investitionskosten angeführt verschiedene Bereiche gedämmt werden können und sollen. Außerdem wird nicht mit den in der DIN 4108 vorgegebenen Werten für den Mindestwärmeschutz gerechnet sondern mit den wirtschaftlich idealen Wärmedurchgangskoeffizienten.

Investitionskosten:

Gedämmt werden: Außenwand, oberste Geschoßdecke (Dach), Kellerdecke und die Rohrleitungen der Heizungsverteilung. Die Fenster und Türen werden nicht erneuert. Alle Leistung zur kompletten Fertigstellung sind miteinbezogen:

Baustelleneinrichtung, Gerüst aufstellen, Wärmedämmung und deren Anbringung, Armierungs- und Außenputz aufbringen. *Im Gegensatz zu EnEV ohne Berücksichtigung einer möglich fälligen Außenputzerneuerung* (EnEV, 2001) §8 und Anhang 3 [9].

Die Investitionskosten werden auf die Flächeneinheit der Gebäudehülle bezogen.

Folgend eine Übersicht der Maßnahmen zur Mischwertbestimmung Investition (und der U-Werte) (Usemann, 2005) Seite 77 [45].

Maßnahme	U-Wert optimal (Studie)	R-Wert optimal (Studie)	Äquivalentpreis der eingesparten kWh	EnEV Höchstwert Altbau	U-Wert zukunftsweisend (Studie)	R-Wert zukunftsweisend (Studie)	Äquivalentpreis der eingesparten kWh
	W/(m²K)	(m²K)/W	Cent/kWh	W/(m²K)	W/(m²K)	(m²K)/W	Cent/kWh
Steildach							
Unter- & Zwischensparrendämmung	(0,16)	5,5	2,0	0,30	(0,16)	5,5	2,0
Aufsparrendämmung	0,16	5,7	1,7	0,30	0,11	8,9	2,0
Auf- und Zwischensparrendämmung	0,15	6,2	1,9	0,30	0,10	9,1	2,1
Flachdach							
Zusätzl. Wärmedämmung in Warmdachaufbau	0,18	4,6	3,2	0,25	0,12	7,1	3,5
Plusdach (Umkehrdach auf Dachabdichtung)	0,22	3,7	2,9	0,25	0,16	5,5	3,3
oberste Geschossdecke							
Wärmedämmung (nicht begehrbar)	0,14	6,5	0,7	0,30	0,12	7,9	0,9
Wärmedämmung (begehrbar)	0,14	6,5	1,6	0,30	0,12	7,9	1,7
Außenwand							
Wärmedämm-Verbundsystem (Putzerneuerung)	0,17	5,2	1,3	0,35	0,13	7,3	1,6
Wärmedämm-Verbundsystem (Neuanstrich)	0,17	5,2	2,3	- 1)	0,13	7,3	2,5
Vorhangfassade mit zusätzlicher Dämmung (Erneuerung der Schalung)	0,18	4,7	2,0	0,35	0,13	7,0	2,3
Innendämmung mit Luftdichtung (Neue Tapete)	(0,28)	2,9	2,0	- 1)	(0,28)	2,9	2,0
Innendämmung mit Luftdichtung (Erneuerung von Innenputz)	(0,28)	2,9	1,0	0,45	(0,28)	2,9	1,0
Kellerwand							
Innendämmung mit Luftdichtung (Erneuerung von Innenputz)	(0,27)	3,0	2,5	0,50	(0,27)	3,0	2,5
Kellerdecke							
Dämmung von unten	(0,27)	3,0	2,5	0,40	(0,27)	3,0	2,5
Wärmevertei- und Warmwasserleitungen							
nachträgliche Dämmung	2)		0,9	2)	2)		1,5
	100% x DN			100% x DN	200% x DN		

Anmerkung:

Bei den in Klammern dargestellten U-Werten sind die Dämmstärken im Innenraum aus baupraktischen Gründe beschränkt. Die wirtschaftlichen U-Werte liegen bei geringeren Werten.

1) Keine Anforderung nach Energieeinsparverordnung [EnEV]

2) Dicke der Dämmschale bezogen auf den Leitungsdurchmesser DN

Äquivalentpreise der Wärmedämmung

In der vorhin angeführten Studie wurde bereits die wirtschaftlich optimale Dämmstärke bestimmt, gekennzeichnet jeweils mit „optimal“ in der Spaltenüberschrift. Diese Werte dienen als Basis für den Mischwertfaktor. Die zusätzlich angeführte „zukunftsweisende“ Dämmung berücksichtigt den Start des flachen Verlaufes bei den Investitionskosten in Bezug der Einsparung (also das Optimum an Wirtschaftlichkeit und ökologischem Nutzen). Der Gesamtbarwert für Investition und Energiekosten weicht in diesem Fall maximal 1,5% vom Optimum ab. *Bei nahezu gleichem Gewinn erzielt der Investor zusätzliche Versorgungssicherheit und erhöht die thermische Behaglichkeit* (Feist, 2005) Seite 15 [11]. Dieser Wert wird im Investitionsvergleich aber nicht verwendet, sondern ausschließlich das immer wirtschaftliche Optimum. Weiters ergibt sich aus obiger Tabelle ein durchschnittlicher U-Wert von $0,18\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ für das gesamte Gebäude, unberücksichtigt der Rohrleitungen die nur in die Einsparung aufgrund geringerer Wärmeverluste in den Versorgungsleitungen einfließen. Der Mischfaktor des Energieäquivalents der eingesparten Energie liegt bei 1,6Cent/kWh. Es ist sofort ersichtlich dass dieser deutlich unter den angenommenen Endenergiepreis von 8,8Cent/kWh liegt.

Weitere Annahmen: Steildach, Außenwand, oberste Geschoßdecke, Kellerwand, Rohrleitungssystem.

5.4.2 Amortisationsrechnung der Wärmedämmung für ein Durchschnittshaus

Bei durchschnittlichen EFH mit 135m^2 WFL sind das im Durchschnitt ca. 160m^2 Dämmfläche (Außenhaut), bei einem Formfaktor kleiner als 0,5. Die restlichen Annahmen zur Fläche der Kellerdecke, oberster Geschossdecke, Dach usw. werden entsprechend der durchschnittlich bekannten Größen solcher Häuser angenommen.

Annahmen:

- Wohnfläche: 135m^2
- Energieverbrauch vor Wärmedämmung: 24.300kWh
- Ölverbrauch vor Wärmedämmung: 2.430l
- U-Wert vor Dämmung: $1,41\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$
- U-Wert nach Dämmung (Mischwert): $0,18\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Fläche der Außenwände: 160m^2
- Dämmstoffstärke Außenwand: 16cm

- Dämmstoffstärke Dach: 20cm (Auf- und Zwischensparrendämmung)
- Dämmstoffstärke oberste Geschossdecke: 20cm
- Dämmstoffstärke Kellerwand und Kellerdecke: 8cm
- Dämmung der Energieversorgungsleitungen
- Misch - Endenergiepreis: €0,088/kWh
- Energieeinsparung: 123kWh/(m²a)
- Lukrierte Förderung: €7.110

Kosten:

- Wärmedämmung, Verputz Außenwand (inkl. aller erforderl.Arbeiten): 89€/m²
- Wärmedämmung Dach: 75€/m²
- Wärmedämmung oberste Geschossdecke: 55€/m²
- Wärmedämmung Kellerwand und Kellerdecke: 18€/m²
- Wärmedämmung Energieversorgungsleitungen: 9€/m
- Summe der Kosten: €23.700
- Kosten abzüglich Förderung: €16.590

Einsparung und Amortisationszeit

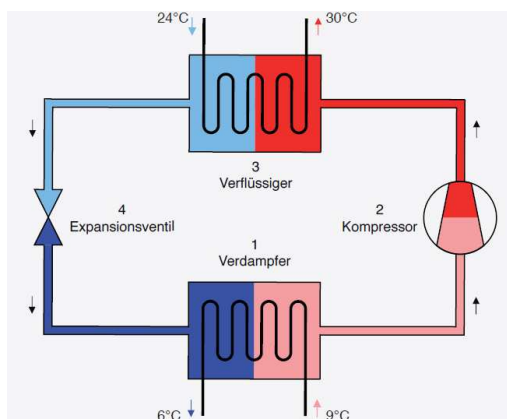
Bei der angenommenen Einsparung von 123kWh/(m²a) lassen sich 1.661l Heizöl jährlich einsparen. Was einen jährlichen Gewinn von €1.461 bedeutet. Den Investitionskosten von €16.590 steht nun eine jährliche Einsparung von €1.461 gegenüber. Bei Finanzierung über Fremdkapital ergibt sich somit eine monatliche Tilgung von €122 plus Zinsrückzahlung. Die Laufzeit der Rückzahlung beläuft sich auf 15 Jahre.

Fazit

Die Investition hat sich bei Finanzierung über Fremdkapital in 15 Jahren amortisiert. Sollte man über das erforderliche Investitionskapital verfügen würde sich die Investition in gut 11 Jahren amortisieren. Die Wärmeschutzmaßnahmen sind somit die wirtschaftlich lukrativsten Maßnahmen im Gegensatz zu den weiter folgenden Investitionen. Der Tilgungszeitraum ist von allen Maßnahmen der geringste. Ein weiterer Vorteil liegt in der hohen Nutzungsdauer, auch nach Ablauf der Amortisation. Eine Wärmedämmung kann somit als dauerhaft werterhaltende Maßnahme mit bester Wirtschaftlichkeit genannt werden.

5.4.3 Wärmepumpensysteme

Es gibt bei Wärmepumpen im wesentlichen drei verschiedene Arten in deren Einsatz. Es sind die Systeme mit Luft/Wasser, Wasser/Wasser und Luft/Luft Wärmepumpe. Wobei die Luft/Luft Wärmepumpen in der Praxis sehr selten eingesetzt werden. Wenn, dann meist zur „aktiven Wärmerückgewinnung“ in Lüftungsgeräten vor allem bei der kontrollierten Wohnraumlüftung in Passivhäusern. Dieser Einsatz ist jedoch eher selten und wird hier nicht beachtet. Viel öfter kommen in letzter Zeit die beiden anderen Arten zum Einsatz. Wobei sich die Investitionskosten zwischen Luft/Wasser und Wasser/Wasser Wärmepumpen teilweise erheblich unterscheiden. Der Unterschied besteht darin dass einmal der Verdampfer, also der kalte Teil des Wärmepumpensystems, entweder der Umgebungsluft oder dem Wasser über die Herstellung einer Temperaturdifferenz die gewünschte Energiedifferenz entzieht. Um diese am Kondensator, dem warmen Teil der Wärmepumpe, wieder abzugeben. Das System ist prinzipiell genau dasselbe wie in einem Kühlschrank, nur in umgekehrter Wirkrichtung.



Wärmepumpensystem – Schema

In diesem Abschnitt wird beispielhaft nur die Luft/Wasser Wärmepumpe berechnet. D.h. der Verdampfer ist ein Luftwärmetauscher der die Umgebungsluft abkühlt und diese Differenz zur Aufheizung des Wassers im Kondensator ausnützt. Solche Systeme haben folgende Vorteile:

- Günstige Anschaffungskosten (ohne Tiefbohrungen oder Erdarbeiten)
- Geringer Wartungsaufwand- und Kosten
- Einfache und günstige Einbindung in das bestehende System

und folgende Nachteile:

- Relativ lautes Geräusch im Betrieb (Aufbau im freien in Hausnähe)
- Unter -10°C und bei hohen Vorlauftemperaturen nimmt der Wirkungsgrad (COP/JAZ) stark ab
- Bei schlechtem Wirkungsgrad ist der CO_2 Faktor auch bei der elektrischen Primärenergieversorgung eher schlecht

Am wichtigsten bei einem Wärmepumpensystem ist die Jahresarbeitszahl, kurz genannt „JAZ“. Diese beschreibt den Faktor zwischen eingespeister elektrischer Energie und abgegebener thermischer Energie. Dieser Faktor bedeutet dass im Durchschnitt über die gesamte Heizperiode das 4-fache an thermischer Heizenergie abgegeben wird als jene Menge die an elektrischer Energie zugeführt wird. Zur Erlangung der meisten Förderungen ist eine JAZ von >4 vorgeschrieben. Was auch praktisch sinnvoll ist da die Wärmepumpe sonst unwirtschaftlich arbeitet. Dieser Faktor wird oft mit dem COP verwechselt der ausschließlich nur den Faktor zwischen eingespeister elektrischer Energie und abgegebener thermischer Energie an einem bestimmten Betriebspunkt zu einer bestimmten Zeit bestimmt. Dies ist jedoch falsch und darf nicht verwechselt werden. Vereinfacht kann man auch die „Mindest – Jahresarbeitszahl“ aufgrund der Energiepreisdifferenz Strom zu Öl bestimmen. Bei einem Misch-Endenergiepreis von Öl bei 0,088 Cent/kWh und einem Misch-Endenergiepreis von Strom bei 0,235 Cent/kWh muss die „Mindest – Jahresarbeitszahl“ bei mindestens 2,7 liegen damit eine Wärmepumpe wirtschaftlich arbeitet. Liegt die Jahresarbeitszahl darunter ist, vereinfacht gesagt, die Wärmepumpe in den Betriebskosten teurer als Öl oder Gas.

Investitionskosten:

- Luft/Wasser Wärmepumpe: €9.000 (inkl. erforderlicher Steuerung und Regelung)
- Hydraulische Einbindung (Einbau) und Inbetriebnahme: €2.000
- Wartung 5-jährlich: €250
- Minderkosten durch Einsparung Rauchfangkehrer: €2.800 (in 20 Jahren)
- JAZ >4

Bei einer JAZ von 4 und einem elektrischen Endenergiepreis von 23,5Cent/kWh ergibt das laufende Energieverbrauchskosten von 5,9Cent/kWh was grundsätzlich unter dem Misch – Endenergiepreis von Öl und Gas liegt und als ökonomisch

angenommen werden kann. Bei gleichbleibendem Energieverbrauch des Hauses, da ja mit dem System keine Energie eingespart wird sondern nur günstiger erzeugt wird. Die Differenz der Energiekosten ist konstant und beträgt 2,9Cent/kWh zwischen Misch – Endenergiepreis von Öl und Gas abzüglich elektrischem Endenergiepreis. Diese Kostendifferenz muss nun die Investition finanzieren. Der Wert des Energieäquivalents der eingesparten in Cent/kWh ist hier, sowie auch bei den weiteren Vergleichen nicht berechenbar da sich mit der Wärmepumpe keine Energie einsparen lässt. Es lassen sich wie erwähnt eben nur die laufenden Energiekosten verringern. Die Kosten des Energieäquivalents der wirtschaftlich eingesparten Energiekosten sind bei dieser Lösung stark vom Jahresenergieverbrauch des Hauses Abhängig. Denn bei einem Niedrigstenergie – EFH mit 25kWh/(m²a) würde sich die Investition nicht in einem absehbaren Zeitrahmen rechnen (Amortisationszeit >70 Jahre). Würde das Haus einen Energieverbrauch von 180kWh/(m²a) aufweisen dann würde sich die Investition in knapp 10 Jahren amortisieren. Auf Basis der Verwendung der jährlichen Einsparung zur Tilgung des Darlehns plus Zinsen. Sollte man über das erforderliche Investitionskapital verfügen hat sich die Investition in 8,2 Jahren amortisiert.

Zudem ist bei der Verwendung einer Wärmepumpe das gesamte Heizungssystem zu betrachten. Sollte die Wärmepumpe eine Radiatorenheizung versorgen müssen, so ist diese durch die hohe erforderliche Vorlauftemperatur kontraproduktiv im Bezug auf deren Jahresarbeitszahl. D.h. je höher die geforderte Vorlauftemperatur desto geringer die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe und somit dessen Effizienz. Somit kann die jährliche Einsparung nur in Verbindung mit einer Gesamtanierung inkl. Umbau auf Niedertemperatur – Flächenheizung erzielt werden.

5.4.4 Amortisationsrechnung von Wärmepumpen für ein Durchschnittshaus

Wichtig bei dieser Betrachtung ist der große Einfluss des Energieverbrauches auf die jährlich erzielbare Einsparung. Je höher der Energieverbrauch desto geringer die Amortisationszeit und somit höher im Einsparpotenzial. Dem steht jedoch in der Praxis der meist genau gegenteilige Anwendungsfall gegenüber. Denn Wärmepumpensysteme werden meist in Häusern verbaut in denen der Energieverbrauch sowieso meist schon recht gering ist (< 80kWh/(m²a)). Somit ist die Aussagekraft eher relativ. Denn nur wenige Gebäudesanierungen beschränken

sich nur auf die Heizung, meist wird auch eine Wärmedämmung angebracht. Und somit ist der Nutzen der Wärmepumpe folglich wieder etwas geringer. In der darauffolgenden Berechnung wird somit auch von einem niedrigen Energieverbrauch von 60kWh/(m²a) ausgegangen.

Annahmen:

- Wohnfläche: 135m²
- JAZ: 4
- Energieverbrauch relativ: 60kWh/(m²a)
- Energieverbrauch absolut: 8.100kWh
- Ölverbrauch vor Wärmepumpe: 810l
- Misch – Endenergiepreis Öl und Gas: €0,088/kWh
- Misch – Endenergiepreis Strom: €0,235/kWh
- Energieeinsparung: keine
- Lukrierte Förderung: €3.381
- Minderkosten durch Einsparung Rauchfangkehrer: €140/Jahr (oder €2.800 in 20 Jahren)
- Bestehender Ölkessel in Niedrigtemperatur – Standard (kein Brennwertkessel)

Die Wartungskosten der Wärmepumpe werden hier separat ausgewiesen. Im Vergleich zu einer Ölheizung die inkl. gesetzlich vorgeschriebenen Rauchfangkehrer – Überprüfungsintervalle jährlich höhere Mehrkosten gegenüber der Wartung der Wärmepumpe bedeuten.

Kosten:

- Luft/Wasser Wärmepumpe: €9.000 (inkl. erforderlicher Steuerung und Regelung)
- Hydraulische Einbindung (Einbau) und Inbetriebnahme: €2.000
- Wartung 5-jährlich: €250

Einsparung und Amortisationszeit

Würde man die eingesparten Energiekosten zur Tilgung der Investition verwenden so ergäbe sich ein Tilgungszeitraum 57 Jahren. D.h. die Investition hätte sich erst in 57 Jahren amortisiert. Was in der Praxis natürlich völlig unbrauchbar ist. Ohne Finanzierung über Fremdkapital würde sich die Investition in 24 Jahren amortisieren.

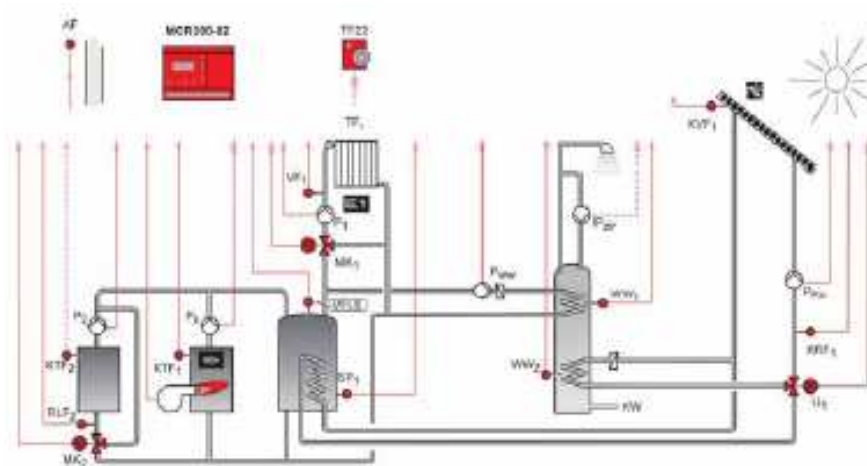
Fazit

Die vorhin errechneten Werte sind praktisch natürlich wirtschaftlich nicht sinnvoll da einerseits die Wärmepumpe eine kürzere Lebensdauer als 24 oder gar 57 Jahre hat und inzwischen sicher erneuert werden muss. Andererseits sind 24 Jahre Amortisationszeit einfach zu lange und es sollte so in der Praxis auch nicht umgesetzt werden.

Die Erneuerung der Heizungsanlage rechnet sich somit in einem kürzeren Zeitraum nur dann wenn z.B. der Ölbrenner defekt ist und sowieso ausgetauscht werden muss (als „ohnehin Maßnahme“). Dann würden nur die höheren Differenzkosten von ca. €5.000 zu einem neuen Öl- oder Gasbrennwertkessel zum tragen kommen. Die Investition in eine Wärmepumpe würde sich dann in 3,5 Jahren amortisieren. Dies ist ein reeller Zeitraum und Überlegungswert. Man sieht aber auch deutlich dass der Ölpreis noch immer nicht ein Niveau erreicht hat auf dem sich der Umstieg auf ein alternatives Energiesystem ohne „Wenn und Aber“ recht schnell rechnet.

5.4.5 Solarthermische Systeme

Bei den solarthermischen Systemen ist zwischen Anwendungen zur ausschließlichen Brauchwarmwasserbereitung und der Heizung und Warmwasserbereitung zu unterscheiden. Praktisch ist der Unterschied oft nur in der verbauten Solarkollektorfläche zu finden (abgesehen von der Hydraulik). Anders jedoch wenn man auch eine solarthermische Heizung realisieren will, dann benötigt man dazu auch einen sensiblen Wärmespeicher (Pufferspeicher) zusätzlich zum normalen Warmwasserspeicher. Es werden diese zwei Szenarien getrennt voneinander berechnet auf Basis des nachstehenden Hydraulikschemas.



Beispiel einer gängigen Solaranlage

(Quelle Grafik: Gerhalter, 2010) F&E Arbeit, Seite 27 [14]

Solaranlage ausschließlich für die Warmwasserbereitung:

- Kollektoren 6m²: €3.200
- Pufferspeicher: €900
- Zus. erforderliche Komponenten (Ventile, Ausdehnungsgefäß, usw.): €400
- Montage und Inbetriebnahme: €2.000
- Geschätzter Solarertrag von 200 kWh/(m²a) (für die Warmwasseranlage)
- Benötigte Energie zur Warmwasserbereitung: 4.000kWh (pro Jahr)

Hier würde die Energiebereitung für das Warmwasser im Jahr mittels Heizöl €352 kosten. Bei einem Ertrag der Solaranlage von 1200kWh gibt das eine jährliche Einsparung von 106€ pro Jahr. Somit ergibt sich eine Amortisationsdauer ohne Fremdkapital, nur durch Tilgung der jährlichen Einsparung von 32 Jahren. Was nicht gerade als ideal bezeichnet werden kann. Außerdem haben Solarpaneele eine Lebensdauer unter 30 Jahren und müssten somit früher getauscht werden als die Amortisationszeit dies zulassen würde.

Solaranlage für die Heizung und Warmwasserbereitung:

- Kollektoren 16m²: €6.500
- Pufferspeicher: €1.100
- Zus. erforderliche Komponenten (Ventile, Ausdehnungsgefäß, usw.): €900
- Montage und Inbetriebnahme: €2.800
- Geschätzter Solarertrag von 350 kWh/(m²a)
- Benötigte Energie zur Warmwasserbereitung: 4.000kWh (pro Jahr)
- Energieverbrauch Haus relativ: 180kWh/(m²a)

Hier würde die Energiebereitung für das Warmwasser im Jahr mittels Heizöl €352 kosten. Die Ertragsrechnung kann nicht mehr so einfach wie oben angestellt werden da die Solarpaneele auch zur Gebäudeheizung verwendet werden. Es gibt also eine Mischkalkulation. Wobei der Energiebedarf für das Warmwasser natürlich gleich bleibt und somit zum Heizenergiebedarf des Hauses addiert wird. Weiter ist zu beachten dass der Ertrag der Solaranlage eigentlich zum falschen Zeitpunkt anfällt. Nämlich im Sommer wo sowieso genug Energie vorhanden ist und nicht geheizt werden muss. Es ist also fraglich ob der angenommene Solarertrag auch voll gerechnet und praktisch auch in diesem Umfang erzielt werden kann. Da er zum

größten Teil im Sommer anfällt und nicht gespeichert werden kann (außer eben in Verbindung mit einem LWS). Zusätzlich wurde hier der erforderliche Hilfsenergieaufwand für den Wärmetransport nicht berücksichtigt. Dieser würde den Ertrag auch noch einmal um 2-3% schmälern.

Es ergibt sich eine Amortisationsdauer bei Tilgung durch die jährliche Einsparung von 19,6 Jahren. Dieser Wert ist auch noch deutlich zu hoch. Sollte man über das erforderliche Investitionskapital verfügen hat sich die Investition in 14 Jahren amortisiert, was auch zu lange erscheint.

5.4.6 Amortisationsrechnung einer Solaranlage für ein Durchschnittshaus

Annahmen:

- Wohnfläche: 135m²
- Energieverbrauch relativ: 60kWh/(m²a)
- Energieverbrauch absolut: 8.100kWh
- Misch – Endenergiepreis Öl und Gas: €0,088/kWh
- Misch – Endenergiepreis Strom: €0,235/kWh
- Energieeinsparung: keine
- Lukrierte Förderung: €4.444 (inkl. steuerl. Absetzbarkeit)
- Bestehender Ölkessel in Niedrigtemperatur – Standard (kein Brennwertkessel)

Kosten:

- Kollektoren 16m²: €6.500
- Pufferspeicher: €1.100
- zus. erforderliche Komponenten (Ventile, Ausdehnungsgefäß, usw.): €900
- Montage und Inbetriebnahme: €2.800
- Geschätzter Solarertrag von 350 kWh/(m²a)
- Benötigte Energie zur Warmwasserbereitung: 4000kWh (pro Jahr)
- Energieverbrauch Haus relativ: 60kWh/(m²a)

Einsparung und Amortisationszeit

Würde man die eingesparte Energie zur Tilgung der Investition verwenden so ergäbe sich ein Tilgungszeitraum 19,6 Jahren. D.h. die Investition hätte sich erst in knapp 20

Jahren gerechnet, was in der Praxis natürlich unbrauchbar ist. Ohne Fremdkapital würde sich die Investition in 14 Jahren amortisieren.

Fazit

Man sieht dass die Einbindung einer Solaranlage zwar Unabhängig vom Energiekennwert des Gebäudes immer den gleichen Nutzen bringt. Dieser jedoch so gering ist als dass sich diese Investition wirtschaftlich rechnet. Natürlich ohne Berücksichtigung der CO₂ Bilanz und entsprechender ökologischer Überlegungen.

5.4.7 Photovoltaik

Bei Photovoltaik gestaltet sich die Berechnung schwierig. Denn es gibt es zwei Szenarien in der Anwendung mit einer Photovoltaik Anlage. Dies sind Systeme zur ausschließlichen Stromerzeugung über die Photovoltaikanlage. Oder Systeme zur Stromerzeugung ausschließlich für die Versorgung einer Wärmepumpe, ohne Rückspeisung der Energie in das vorhandene Stromnetz. Zusätzlich stellt sich die Frage wie die Rendite berechnet wird. Denn es gibt die Möglichkeit der Förderung durch die Rückspeisung in das Stromnetz und somit der Entgeltung der gelieferten Stromenergie durch den Energieversorger. Es gibt diverse „Direktförderungen“ der Investition durch Land und Gemeinden. Aber auch die Rendite durch den „Gratis Strom“ aus den Photovoltaikpanelen zur Anspeisung der Wärmepumpe. Je nach Modell kann die Berechnung verschieden angesetzt werden und könnte zu verschiedenen Ergebnissen führen. Folgend wird beispielhaft eine Mischung der Modelle betrachtet.

5.4.8 Amortisationsrechnung von Photovoltaik nur zur Stromerzeugung für ein Durchschnittshaus

Annahmen und Kosten:

- Wohnfläche: 135m²
- Energieverbrauch relativ: 60kWh/(m²a)
- Energieverbrauch absolut: 8.100kWh
- Misch – Endenergiepreis Öl und Gas: €0,088/kWh
- Misch – Endenergiepreis Strom: €0,235/kWh
- Energieeinsparung: keine

- Kosten pro kW_{PEAK}: €6.000 (inkl. erforderliche Komponenten wie z.B. Wechselrichter usw.)
- Kosten erforderliche Elektroinstallationen: €2.800
- Installierte Leistung: 5kW_{PEAK}
- Stromverbrauch: 3.000kWh/a
- Strom – Rückvergütungspreis: €0,46/kWh (bei 5.000kWh Ertrag/Jahr)
- Stromertrag: 1.000kWh/a
- Zählermiete pro Monat: €8 (an das EVU)
- Lukrierte Förderung: €5.500 Land, €400 Gemeinde
- Bestehender Ölkessel in Niedrigtemperatur – Standard (kein Brennwertkessel)

Einsparung und Amortisationszeit

Würde man die eingesparte Energie zur Tilgung der Investition verwenden so ergäbe sich ein Tilgungszeitraum 29,5 Jahren. Somit hätte sich die Investition erst nach knapp 30 Jahren wirtschaftlich gerechnet. Was praktisch natürlich nicht vertretbar ist. Vor allem in Hinblick auf die Haltbarkeit der Photovoltaik Paneele von ca. 30 Jahren. Es müsste also genau am Ende der Amortisationszeit eine neue Investition getätigt werden. Ohne Fremdkapital würde sich die Investition in 18 Jahren amortisieren. Weiters ist der Strom – Rückvergütungspreis auch als „instabiler Faktor“ zu sehen da es sich hierbei um einen geförderten Tarif für 10 oder 20 Jahre handelt (je nach Land und Vertrag). Somit kann nicht mit dem vollen Strom – Rücklieferpreis über die gesamten 30 Jahre gerechnet werden. Dieser wird, nach praktischer Erfahrung, bei Ablauf der Stützung durch den Staat deutlich verringert werden.

Fazit

Man sieht dass der Nutzen einer Photovoltaik Anlage ausschließlich zur Stromrückgewinnung so gering ist als dass sich diese Investition wirtschaftlich nicht rechnet. Zudem sind die Investitionskosten momentan noch so hoch als dass diese von den meisten privaten Investoren sowieso nicht getätigt werden. Der ganze Ansatz gilt natürlich wieder ohne Beachtung der CO₂ Bilanz oder den entsprechend verbundenen Umweltgedanken.

5.4.9 Amortisationsrechnung von Photovoltaik zur Stromerzeugung und einer Wärmepumpe für ein Durchschnittshaus

Die Idee dieser Lösung ist jene dass die Photovoltaik Anlage den erforderlichen Strom für die Wärmepumpe liefert und natürlich evtl. auch noch mehr. Somit wäre ein, zumindest teilweise CO₂ neutraler Betrieb der Wärmepumpe möglich. Die Berechnungsgrundlage in diesem Beispiel ist so gestaltet dass die Anlage auch zur Rückspeisung verwendet werden kann. Um einerseits die entsprechend möglichen Förderungen zu generieren und auch einen besseren Wirkungsgrad zu erzielen.

Annahmen und Kosten:

- Wohnfläche: 135m²
- Energieverbrauch relativ: 60kWh/(m²a)
- Energieverbrauch absolut: 8.100kWh
- Misch – Endenergiepreis Öl und Gas: €0,088/kWh
- Misch – Endenergiepreis Strom: €0,235/kWh
- Energieeinsparung: keine
- Kosten pro kW_{PEAK}: €6.000 (inkl. erforderlicher Komponenten wie Wechselrichter usw.)
- Kosten erforderliche Elektroinstallationen: €2.800
- Installierte Leistung: 5kW_{PEAK}
- Stromverbrauch: 3.000kWh/a
- Strom – Rückvergütungspreis: €0,46/kWh (bei 5.000kWh Ertrag/Jahr)
- Stromertrag: 1.000kWh/a
- Zählermiete pro Monat: €8 (an das EVU)
- Lukrierte Förderung: €5.500 Land, €400 Gemeinde
- Minderkosten durch Einsparung Rauchfangkehrer: €2.800 (in 20 Jahren)
- Bestehender Ölkessel in Niedrigtemperatur – Standard (kein Brennwertkessel)
- Luft/Wasser Wärmepumpe: €9.000 (inkl. erforderlicher Steuerung und Regelung)
- Jahresarbeitszahl: 4
- Hydraulische Einbindung (Einbau) und Inbetriebnahme: €2.000
- Wartung 5-jährlich: €250

Einsparung und Amortisationszeit

Würde man die eingesparte Energie zur Tilgung der Investition verwenden so ergäbe sich ein Tilgungszeitraum mehr als 100 Jahren. Selbst ohne Fremdfinanzierung wäre die Tilgungsdauer knapp 37 Jahre.

Fazit

Auf den ersten Blick ist deutlich ersichtlich dass der Nutzen einer Photovoltaik Anlage in Verbindung mit einer Wärmepumpe so gering ist als dass sich diese Investition wirtschaftlich nicht rechnet. Weiters sind die Investitionskosten momentan noch so hoch als dass diese von den meisten privaten Investoren sowieso nicht getätigt werden. Auch wenn es teilweise seitens des Bundes noch zusätzliche Anreize über eine noch höhere Förderung gibt. Der ganze Ansatz gilt natürlich ohne den Blick auf eine CO₂ Bilanz oder den entsprechend verbundenen Umweltgedanken.

5.4.10 Amortisationsrechnung eines geothermischen Systems für ein Durchschnittshaus

Das System der Tiefenbohrung kann nur in Verbindung mit einer Wärmepumpe realisiert werden. Vereinfacht betrachtet würde man sagen es kommen zu den Kosten der Wärmepumpe auch noch die Kosten der Tiefenbohrung hinzu, was grundsätzlich auch stimmt. Dennoch, aufgrund der systemtechnisch höher möglichen Verdampfungstemperaturen ist im Vergleich zur Luft/Wasserwärmepumpe eine bessere Jahresarbeitszahl möglich. Zudem ist zwischen zwei Systemen des Erdwärme – Energieentzugs zu unterscheiden. Den Flächenkollektor und den Tiefenkollektor. Beim Flächenkollektor werden die Rohre auf einer größeren Fläche in geringerer Tiefe verlegt. Beim Tiefenkollektor ist es genau umgekehrt. Es wird eine Vertikalbohrung von mehreren Metern (50m – 150m) durchgeführt und somit die erforderliche Wärmetauscherfläche bereitgestellt. In den Kosten unterscheiden sich beide Systeme aber nicht sehr stark. Es hat die Beschaffenheit des Erdreiches und der örtlichen Gegebenheiten einen größeren Einfluss auf die Anschaffungskosten. Somit werden Pauschalkosten für die Errichtung des Erdwärmetauschers angenommen welche dann für beide Systeme näherungsweise gültig sind.

Annahmen und Kosten:

- Wohnfläche: 135m²

- Energieverbrauch relativ: 180kWh/(m²a)
- Energieverbrauch absolut: 8.100kWh
- Misch – Endenergiepreis Öl und Gas: €0,088/kWh
- Misch – Endenergiepreis Strom: €0,235/kWh
- Energieeinsparung: keine
- Lukrierte Förderung: €2.500 Land, €250 Gemeinde
- Bestehender Ölkessel in Niedrigtemperatur – Standard (kein Brennwertkessel)
- Wasser/Wasser Wärmepumpe: €9.000 (inkl. erforderlicher Steuerung und Regelung)
- Jahresarbeitszahl: 4,5
- Hydraulische Einbindung (Einbau) und Inbetriebnahme: €2.900
- Minderkosten durch Einsparung Rauchfangkehrer: €2.800 (in 20 Jahren)

Einsparung und Amortisationszeit

Würde man die eingesparte Energie zur Tilgung der Investition verwenden so ergäbe sich ein Tilgungszeitraum 20 Jahren. Ohne Fremdfinanzierung wäre die Tilgungsdauer ca. 15 Jahre.

Fazit

Es ist auch der Nutzen einer geothermischen Wärmepumpe eher gering und die Investition rechnet sich wirtschaftlich nicht in einem vernünftigen Zeitrahmen. Der ganze Ansatz gilt natürlich wieder ohne Hinblick auf eine CO₂ Bilanz oder den entsprechend verbundenen Umweltgedanken.

5.5 Fazit der Amortisationsrechnungen

Grundsätzlich muss gesagt werden dass sich keine Maßnahme, außer evtl. die Wärmedämmung, in einem vernünftigen Zeitrahmen amortisiert. D.h. eine Erneuerung des Heizungssystems ist nur wirtschaftlich wenn diese Erneuerung aufgrund des Defekts des alten Systems sowieso erforderlich wäre. Vor allem die hohen Investitionskosten nahezu aller alternativen Heizungssysteme verhindern eine „schnelle“ Amortisation.

Etwas anders dagegen müssen die Ergebnisse bei der Entscheidung der Investition bei Neubauten oder Vollsanierungen interpretiert werden. Hier ist das jährliche Einsparpotenzial der wichtigste Entscheidungsfaktor. Da sowieso in ein Heizsystem

investiert werden muss, entstehen nur mehr die Differenzkosten zu den im Moment noch viel günstigeren konventionellen Systemen wie eine Öl- oder Gasheizung. Diese sind in der Anschaffung zwar nicht gefördert trotzdem dennoch um ca. 40 bis 80 Prozent günstiger als alternative Systeme. Je nach System und Betrachtungsweise. Wichtig ist auch, dass das in der folgenden Tabelle dargestellte jährliche Einsparpotenzial verhältnismäßig stark vom Energieverbrauch des jeweiligen Hauses Abhängig ist. Es gilt also nur eingeschränkt „je höher der der Energieverbrauch desto höher das Einsparpotenzial im Heizungssystem“. Denn z.B. in Verbindung mit einer Solar- oder Photovoltaikanlage kann dies nicht voll bestätigt werden. Diese beiden Systeme decken den Gesamtenergiebedarf des Gebäudes immer nur zu einem meist nur geringen Teil, somit ist der „übrigbleibende“ Teil immer auch mit anderen Energieträgern zu decken. Das Gegenteil hierzu tritt bei einem Umbau zur Wärmepumpenheizung auf. Hier gilt, je höher der Energieverbrauch desto höher auch die Einsparung und somit kürzer die entsprechende Amortisationszeit. Da einfach das Einsparpotenzial in den jährlichen Absolutkosten viel höher ist als bei z.B. bei Niedrigenergiehäusern. Demgegenüber ist aber auch der Unterschied zwischen einer Teil- und Gesamtsanierung der Heizung und einem Neubau zu unterscheiden. Denn wie z.B. im Abschnitt der Wärmepumpensysteme beschrieben ist dessen Effektivität nochmals stark vom gesamten Heizungssystem Abhängig (Niedertemperatur – Flächenheizung oder Radiatorenheizung). Folgend die Gesamtübersicht der verschiedenen Systeme:

	Wärmedämmung	Wärmepumpe	Solarthermie	Photovoltaik	Photovoltaik mit Wärmepumpe	Tiefenbohrung mit Wärmepumpe
Summe Investitionskosten [€]	23.700	11.000	11.300	34.720	45.720	19.400
Summe Förderungen [€]	7.110	3.381	4.444	7.000	10.381	2.750
Nettokosten [€]	16.590	7.619	6.856	27.720	35.339	16.650
Jährliches Einsparpotenzial der Maßnahme in [€]	1.461	327	493	1.595	974	1.128
Amortisationszeit mit Fremdkapital [Jahre]	15	57	20	30	100	20
Amortisationszeit ohne Fremdkapital [Jahre]	11	24	14	18	37	15

Amortisationsvergleich-Gesamtübersicht

Herausstechend sind vor allem die Photovoltaik Anlagen mit deren auffallend hohen Investitionskosten gegenüber den anderen Systemen. Die Aufbringung des Investitionskapitals ist für die meisten Hausbesitzer nicht möglich, aber auch wirtschaftlich nicht sinnvoll. Weiters sind die Anlagen innerhalb der extrem langen Amortisationszeiten zumindest teilweise zu erneuern oder vollständig auszutauschen. Da deren Effektivität nach ca. 20 Jahren deutlich nachlässt.

Es wurde also festgestellt dass sich alle genannten Investitionen nur bei ohnehin erforderlichem Austausch des Heizungssystems in einem vernünftigen Zeitrahmen amortisieren. Die Investitionskosten sind, selbst abzüglich der Förderungen generell viel höher im Vergleich zu konventionellen Systemen. Die ganzen Betrachtungen sind jedoch rein wirtschaftlicher Natur und lassen die ökologische Komponente völlig außer Acht.

5.6 Amortisationsrechnung des LWS mit dessen Einschränkungen

Aufgrund der Tatsache dass der LWS im momentanen Entwicklungsstadium nur max. 3-10% des Jahresenergiebedarfes eines durchschnittlichen Einfamilienhauses decken kann wurde eine Investitionskostenrechnung so nicht durchgeführt. Mit solch niedrigen Deckungsgraden wäre eine Berechnung schlichtweg unsinnig und es wurde deshalb an dieser Stelle darauf verzichtet.

Um dem Ziel des zukünftigen Einsatzes der LWS in der Gebäudeheizung gerecht zu werden wurde im folgenden Kapitel die These der 80%igen Deckung des Energiebedarfes durch den LWS aufgestellt. Dies scheint in absehbarer Zukunft von ca. 10-15 Jahren auch möglich zu sein. Auf dieser Basis wurde dann auch eine hypothetische Amortisationskostenrechnung erstellt um das zukünftige Potenzial der LWS abschätzen zu können.

5.6.1 Hypothetische Amortisationsrechnung des LWS

Grundsätzlich zu beachten ist dass zur Ladung des LWS immer eine solarthermische Anlage erforderlich ist. Somit muss diese in einer Investitionskostenrechnung immer auch hinzuaddiert werden (falls noch nicht vorhanden).

In nachstehendem Szenario wird angenommen dass das Gebäude über eine Wärmepumpe zur Deckung des gesamten Energiebedarfes verfügt. Dies scheint der am meisten realistische Fall in diesem hypothetischen Szenario da bei einer gesamten Erneuerung der Heizungsanlage meist auch auf andere alternative Systeme außer dem LWS zurückgegriffen wird. Am Ende ist es aber nicht wirklich relevant ob der restliche Energiebedarf von einer Wärmepumpe oder einem konventionellen Energieträger (Öl oder Gas) gedeckt wird. Es entstehen nur die entsprechenden Differenzen in der Amortisationszeit aufgrund des Preisunterschiedes in den Energiekosten.

Kosten:

Zusatzinformation		
Kosten pro m ² Kollektorfläche [€]	400	Durchschnittspreis
Verbaute Kollektorfläche [m ²]	16	
Kosten für Kollektorfläche [m ²]	6.400	Für gesamte Verbaute Solarkollektorfläche
Pufferspeicher [€]	1.100	Erforderlich für den Lastausgleich
Zus. erforderl. hydr. Komponenten [€]	900	Einbindung in das bestehende Heizungssystem (Hydraulik- und Regelungskomponenten)
Montage und IBS [€]	2.800	Einbindung in das bestehende Heizungssystem
Förderung Land [€]	- 3.376	Bei 16m ² verbauter Kollektorfläche
Förderung Gemeinde [€]	- 768	Bei 16m ² verbauter Kollektorfläche
steuerlicher Absetzbetrag [€]	- 300	Pauschal
Nettokosten der Investition [€]	6.756	Investition ohne LWS, ohne Wärmepumpe, nur Solaranlage

Investitionskosten Solaranlage

Die Anschaffung der zusätzlich erforderlichen Solaranlage zur Ladung des LWS wird der in der Praxis wahrscheinlich am öftesten auftretende Fall einer Sanierung sein. Da die meisten älteren Gebäude nicht über eine Solaranlage verfügen. Bei Neubauten ab dem Jahr 2011 wird dies dagegen eher selten der Fall sein. Denn nach den verschärften Energiesparregeln bei Hausbau und Sanierung der EnEV von Oktober 2009 ist z.B. in Deutschland der Bauherr im Zuge des Wärmegesetzes verpflichtet den Energiebedarf seines Hauses zum Teil mit erneuerbaren Energien zu decken. In Österreich ist in einigen Bundesländern wie z.B. auch der Steiermark eine Novelle zum steirischen Baugesetz in Kraft getreten die künftig die Bauherren von Neubauten verpflichtet zumindest das Warmwasser mit einer Solaranlage aufzubereiten. Auch die Nutzung regenerativer Energien ist in den entsprechenden Verordnungen bereits festgelegt.

Annahmen:

Es werden keine Wartungskosten des LWS berücksichtigt da geplant ist diesen für den Investitionszeitraum von 20 Jahren als wartungsfrei zu gestalten. Zusätzlich wurde der Energieverbrauch der Warmwasserbereitung mit einbezogen. Da diese immer in Verbindung mit Solaranlagen in das hydraulische System eingebunden werden muss auch deren Verbrauch berücksichtigt werden. Genauer gesagt muss dieser entweder zum Energiebedarf des EFH addiert, oder vom LWS – Ladeertrag wieder subtrahiert werden. Ein kalkulatorisch wichtiger Punkt ist die solare Ladung des LWS. *In der vorangegangenen Forschungs- und Entwicklungsarbeit wurde mit der solaren „Pareto – Kennlinie“ ermittelt dass der überschüssige solare Ertrag im Sommer ausreicht um den 80%igen Energiebedarf eines durchschnittlichen Einfamilienhauses zu decken* (Sinngemäß nach Gerhalter, 2010) Seite 19 [14]. Somit wird die erforderliche „Ladearbeit“ nicht vom solaren Jahresertrag abgezogen. Die Energiedifferenz „Gesamt – Absolutverbrauch zu LWS – Ladung“ wird also mit Null angenommen. D.h. die ansonsten ungenutzte, überschüssige Solarenergie in den

Sommermonaten wird für die LWS – Ladung verwendet und reicht zur ca. 80%igen Deckung dieses Bedarfes aus.

Alle restlichen Annahmen sind aus der Tabelle zu entnehmen. Die Kosten und Verbrauchswerte in der Tabelle sind immer als jährliche Werte zu verstehen.

Folgend die Berechnungsergebnisse bei Einbindung eines LWS in ein Heizungssystem mit solarthermischer Anlage und Wärmepumpe.

Zusatzinformation		
Wohnfläche [m ²]	135	
spezifischer Energieverbrauch [kWh/m ²]	60	
Energieverbrauch absolut Haus [kWh]	8.100	Jahresverbrauch
Energieverbrauch WWB [kWh]	4.000	Schätzung aufgrund Erfahrungswerte und WFL
Energieverbrauch absolut gesamt Haus plus WWB [kWh]	12.100	Jahresverbrauch
Solarertrag relativ in [kWh/m ² a]	350	Realistischer Jahresmittelwert aufgrund Erfahrungswerte, ohne "Pareto-Anteil"
Solarfläche [m ²]	16	
Solarertrag absolut [kWh]	5.600	Jahres-Solarertrag
Energiedifferenz Gesamt-Absolutverbrauch/Solarertrag [kWh]	6.500	Jahresverbrauch, verbleibend nach Abzug Solarertrag
Energiedifferenz Gesamt-Absolutverbrauch/LWS-Ladung [kWh]	-	siehe Information unter "Annahmen"
Resultierender Rest-Energiebedarf [kWh]	6.500	Jahresverbrauch
Deckungsgrad des LWS [%]	80	
Resultierender Rest-Energiebedarf bei 80%iger Deckung durch LWS [kWh]	1.300	Jahresverbrauch
Misch-Endenergiepreis Öl [cent/kWh]	0,0880	
Misch-Endenergiepreis Strom [cent/kWh]	0,2350	
Jahresarbeitszahl Wärmepumpe (JAZ)	4	
Restlich verbleibende Energiekosten mit LWS (mit Wärmepumpe, mit Solar) [€]	76	Gesamtkosten pro Jahr im Verbund mit Solaranlage, Wärmepumpe und LWS
Energiekosten pro Jahr ohne LWS (mit Wärmepumpe, mit Solar, ohne LWS) [€]	382	Gesamtkosten pro Jahr
Energiekosten pro Jahr ohne LWS (ausschließlich mit Wärmepumpe, ohne Solar, ohne LWS) [€]	711	Gesamtkosten pro Jahr
Einsparpotenzial pro Jahr mit LWS (mit Wärmepumpe, mit Solar) [€]	306	Einsparpotenzial pro Jahr im Vergleich zu vorher (ohne LWS, mit Solaranlage)

Einsparpotenzial LWS bei Standard-EFH

Fazit:

Man sieht dass die verbleibenden Energiekosten nach Einbindung des LWS mit €76 pro Jahr sehr gering ausfallen. Was auf den ersten Blick natürlich sehr erfreulich ist. Bei genauerem Hinsehen jedoch relativiert sich dieser Wert. Denn das daraus resultierende Einsparpotenzial (gegenüber der rein solarthermischen Einbindung) liegt bei nur €306 pro Jahr. Diese Einsparung müsste also die Investition in einen LWS in einem vernünftigen Zeitrahmen amortisieren. Rechnet man überschlägig mit einem vertretbaren Amortisations – Zeitrahmen von 10 Jahren dann dürfte ein LWS nur ca. €3.000 kosten. Dies gilt bei der Annahme als Eigenmittelfinanzierung. Es zeigt sich somit auch an dieser Stelle wieder dass die Energiekosten noch immer zu gering sind um alternative Systeme auch wirtschaftlich sinnvoll umsetzbar zu gestalten.

5.6.2 Hypothetische Amortisationsrechnung des LWS und resultierende Schlussfolgerungen

Die vorangegangenen Berechnungen haben folgende, relevante Tatsachen bei der LWS – Einbindung gezeigt:

- Für die Ladung eines LWS ist immer eine solarthermische Anlage erforderlich. Dies erhöht, wenn nicht bereits vorhanden, die Investitionskosten deutlich
- Aufgrund der noch immer sehr niedrigen Energiepreise ist das Einsparpotenzial generell recht gering
- Bei einem vertretbaren Amortisations – Zeitrahmen von ca. 10 Jahren dürfte der LWS nur ca. €3.000 kosten (bei Eigenmittelfinanzierung)
- Die Erhöhung des Deckungsgrades durch den LWS würde keine spürbare Verkürzung der Amortisationszeit bringen

Die vorhin angeführten Tatsachen zeigen dass der LWS mit demselben Problem zu kämpfen haben wird wie auch die anderen alternativen Systeme. Insbesondere sind die Energiepreise noch immer zu niedrig als dass sich solche Systeme in einem angemessenen Zeitraum rentieren würden. An dieser Stelle wäre es sinnvoll diese Berechnungen mit verschiedenen Energiepreisen bzw. Energiepreis – Steigerungsraten anzustellen. Darauf wurde aufgrund des erforderlichen aber verzichtet. Allgemeingültig kann aber gelten dass der Verlauf der Steigerung in den Energiekosten linear und parallel zu den erzielbaren LWS – Preisen verläuft. Eine Verdoppelung der Energiepreise würde somit auch zu einer Verdoppelung des erzielbaren LWS – Preises führen.

5.6.3 Veränderung der Umgebungsparameter im Einsatz des LWS

Betrachtet man die Berechnungstabelle „Einsparpotenzial LWS bei Standard-EFH“ dann ergeben sich folgende Möglichkeiten der Verbesserung in der Einsparung durch den LWS:

- Verbesserung der Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe
- Je größer der Energieverbrauch des Gebäudes desto höher das Einsparpotenzial
- Veränderung im Deckungsgrad des LWS
- Veränderung der Wohnfläche

Theoretisch wäre der Solarertrag auch ein einflussreicher Parameter in der Kalkulation. Auf diesen hat man aber einerseits keinen Einfluss, andererseits ist ein hoher Ertrag im Sommer für die volle Ladung des LWS immer unumgänglich.

Parameter- änderung	Jährliches Einsparpotenzial [€]	Information
Änderung LWS- Deckungsgrad [%]	60	bei 135m ² WFL, JAZ=4, 60kWh/m ² a
	70	bei 135m ² WFL, JAZ=4, 60kWh/m ² a
	80	bei 135m ² WFL, JAZ=4, 60kWh/m ² a
	90	bei 135m ² WFL, JAZ=4, 60kWh/m ² a
	100	bei 135m ² WFL, JAZ=4, 60kWh/m ² a
Änderung Jahresarbeitszahl JAZ	2,5	bei 135m ² WFL, Deckungsgrad=80%, 60kWh/m ² a
	3	bei 135m ² WFL, Deckungsgrad=80%, 60kWh/m ² a
	3,5	bei 135m ² WFL, Deckungsgrad=80%, 60kWh/m ² a
	4	bei 135m ² WFL, Deckungsgrad=80%, 60kWh/m ² a
	4,5	bei 135m ² WFL, Deckungsgrad=80%, 60kWh/m ² a
Änderung Energieverbrauch bei [kWh/m ² a]	20	bei 135m ² WFL, JAZ=4, Deckungsgrad=80%
	40	bei 135m ² WFL, JAZ=4, Deckungsgrad=80%
	60	bei 135m ² WFL, JAZ=4, Deckungsgrad=80%
	80	bei 135m ² WFL, JAZ=4, Deckungsgrad=80%
	100	bei 135m ² WFL, JAZ=4, Deckungsgrad=80%
Änderung Wohnfläche [m ²]	100	bei 60kWh/m ² a, JAZ=4, Deckungsgrad=80%
	120	bei 60kWh/m ² a, JAZ=4, Deckungsgrad=80%
	140	bei 60kWh/m ² a, JAZ=4, Deckungsgrad=80%
	160	bei 60kWh/m ² a, JAZ=4, Deckungsgrad=80%
	180	bei 60kWh/m ² a, JAZ=4, Deckungsgrad=80%
	200	bei 60kWh/m ² a, JAZ=4, Deckungsgrad=80%

Veränderung der Umgebungsparameter im LWS-Einsatz

Die Tabelle zeigt dass das größte Potenzial bei Veränderung zu einem hohen spezifischen Energieverbrauches des jeweiligen Gebäudes liegt. Dies wird praktisch aber ein eher seltener Anwendungsfall sein da die Investition in eine Wärmedämmung eine höhere Rendite abwirft. Das zweitgrößte Potenzial besteht natürlich bei der Größe der Wohnfläche. Je größer das Haus und somit der Energieverbrauch, desto größer auch das Einsparpotenzial. Dies ist allerdings auch ein praktisch gegebener und unverrückbarer Faktor. Ein weiterer bedeutender Faktor ist die Veränderung der Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe. Bei Luft/Luft – Wärmepumpen liegen die praktischen Werte oft auch unter vier. Es ist dieser Wert aber auch physikalisch je nach Temperatur und Feuchte gegeben und somit auch nicht wirklich beeinflussbar. Man sieht auch dass die Änderung des Deckungsgrades des LWS recht wenig Einfluss auf das jährliche Einsparpotenzial hat. Außerdem ist der LWS in seiner Speicherkapazität begrenzt und die Veränderung in Richtung Erhöhung der Wohnfläche ist durch die resultierende LWS – Größe beschränkt. Als Fazit kann gesagt werden was auch für die anderen Alternativsysteme gilt und eigentlich physikalisch sowieso unverrückbar ist. Je größer das Haus und je höher der Energieverbrauch desto höher das Einsparpotenzial.

5.6.4 Hypothetische Amortisationsrechnung des LWS bei Gesamtsanierung des Heizungssystems

Beispielhaft zur Veranschaulichung und der einfachen Vergleichsmöglichkeit mit den vorhergehenden Amortisationsberechnungen wird die Investition in einen LWS bei einem durchschnittlichen EFH hier durchgeführt. Es wird angenommen dass keine Solaranlage bestehend ist und das vorhergehende Heizungssystem mit einem Ölbrenner versorgt wurde. Das Problem bei einem solchen gesamten Umbau der Heizungsanlage ist, dass die Förderungen nicht mehr für jedes erforderliche System gewährt würden. Denn die Förderungshöhe ist meistens bis zu einem gewissen Betrag gedeckelt. Diese Deckelung liegt meist bei ca. €6.000 und wird somit auch in der Investitionskostenrechnung als Maximum berücksichtigt. Die restlichen Annahmen gelten wie im Beispiel vorhin (Wohnfläche, spezifischer Wärmeverbrauch, Warmwasserbereitung, usw.). Als Wärmeübergabesystem in das Gebäude wird eine Flächenheizung (Fußbodenheizung) als gegeben angenommen. Wäre ein solches System nicht vorhanden und die Beheizung würde über Radiatoren erfolgen, müsste dieses System auch noch ausgetauscht werden. Dies würde aber auch bei einem Umbau ausschließlich auf ein Wärmepumpensystem dringend erforderlich sein, ansonsten würde die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe unbefriedigend niedrig sein (>3).

Kosten:

		Zusatzinformation
Kosten pro m ² Kollektorfläche [€]	400	Durchschnittspreis
Verbaute Kollektorfläche [m ²]	16	
Kosten für Kollektorfläche [m ²]	6.400	Für gesamte Verbaute Solarkollektorfläche
Pufferspeicher [€]	1.100	Erforderlich für den Lastausgleich
Zus. erforderl. hydr. Komponenten [€]	1.200	Einbindung in das bestehende Heizungssystem (Hydraulik- und Regelungskomponenten)
Montage und IBS [€]	2.800	Einbindung in das bestehende Heizungssystem (inkl. Wärmepumpe und LWS)
Förderung Land [€]	- 3.376	Bei 16m ² verbauter Kollektorfläche
Förderung Gemeinde [€]	- 768	Bei 16m ² verbauter Kollektorfläche
steuerlicher Absetzbetrag [€]	- 300	Pauschal
Nettokosten der Investition - Solaranlage [€]	7.056	Investition ohne LWS, ohne Wärmepumpe, nur Solaranlage
Kosten LWS D=1,5m [€]	12.000	80% Deckung des Energiebedarfes
Förderung LWS Land und Gemeinde [€]	- 4.000	Pauschale Annahme der Landes- und Gemeindeförderung
Einsparung Rauchfangekehrer [€]	- 2.800	bei einem Durchrechnungszeitraum von 20 Jahren (minus €140 pro Jahr)
Wärmepumpe [€]	9.000	Kosten nur für Wärmepumpe. Hydraulische Einbindung wurde oben berücksichtigt
5-jährl. Wartung der Wärmepumpe [€]	1.000	bei einem Durchrechnungszeitraum von 20 Jahren (€250 pro 5-Jahre)
Förderung Wärmepumpe [€]	- 3.381	Land und Gemeinde
Theoretische Summe Förderungen [€]	- 11.525	
Abzug der Deckelung der Förderungen [€]	- 5.525	Differenz aus Summe der Förderungen bei €6.000 Deckelung
Nettokosten der gesamt erforderlichen Investition [€]	30.400	diese muss von der Einsparung getilgt werden

Kosten LWS und Solaranlage für Standard-EFH

Bei Betrachtung der Ergebnisse fallen sofort wieder die sehr hohen Investitionskosten ins Auge. Bei diesem Szenario stellt sich dasselbe Problem wie auch bei den Photovoltaikanlagen. Die erforderlichen Investitionskosten sind so hoch als dass diese wahrscheinlich von durchschnittlichen Hausbesitzern wohl kaum

getätigt werden würden. Praktisch wären also die Gesamtkosten in den meisten Fällen zu hoch und es würde ein anderes, günstigeres Heizungssystem gewählt werden. Würde man, wie in den vorhergehenden Amortisationsvergleich auch, die Tilgung aus der jährlichen Einsparung vornehmen muss diese noch berechnet werden:

Zusatzinformation		
Energieverbrauch vor Investition [kWh]	12.100	Warmwasserbereitung + Heizenergie
Energiekosten durch Deckung mittels Heizöl leicht [€]	1.065	Gesamtkosten pro Jahr
Energieeinsparung durch Solaranlage [kWh]	5.600	
Energieeinsparung durch LWS [kWh]	5.200	
Verbleibender Energiebedarf [kWh]	1.300	Deckung durch Wärmepumpe
Jahresarbeitszahl Wärmepumpe (JAZ)	4	
Kosten verbleibender Energiebedarf [€]	76	Deckung durch Wärmepumpe
Differenzkosten pro Jahre [€]	988	
Tilgungszeit Eigenmittel [Jahre]	31	Bei Investition durch Eigenmittel
Tilgungszeit Fremdkapital [Jahre]	>100	Bei Investition durch Fremdkapital

Tilgung LWS und Solaranlage für Standard-EFH

Aus den obigen Kosten und dem dargestellten realisierbaren Einsparpotenzial ist ersichtlich dass der Betrag zur Tilgung des LWS und der erforderlichen Solaranlage recht hoch ist. Selbst bei Eigenmittelfinanzierung würde sich das System erst nach mehr als 30 Jahren rechnen. Dies ist natürlich unrealistisch da inzwischen ein Austausch zumindest von Teilkomponenten erforderlich wäre. Die Lebensdauer der meisten Komponenten beträgt unter 30 Jahren.

Fazit:

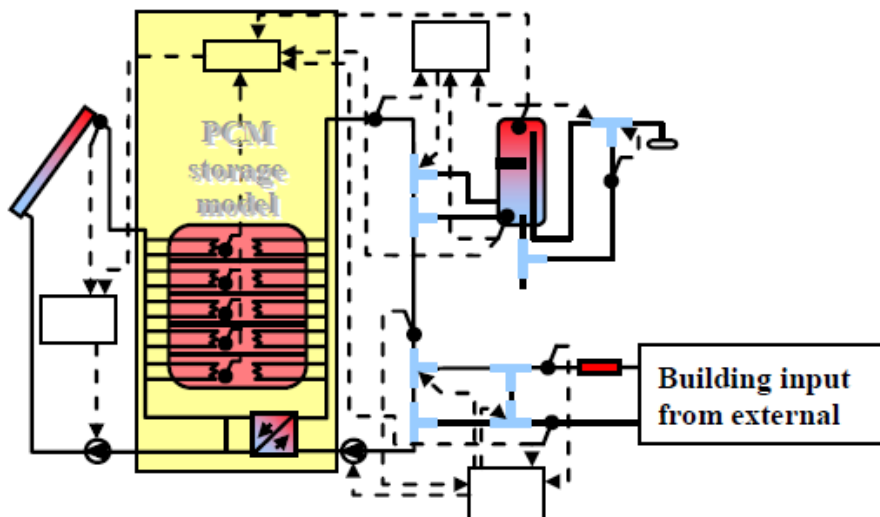
Ein kompletter Austausch eines bestehenden Ölheizungssystems auf eine „LWS – Lösung“ ist bei den momentanen Energiepreisen immer noch nicht wirtschaftlich. Eventuell würde sich der Austausch von Teilkomponenten rentieren. Dies ist aber von Fall zu Fall separat zu berechnen.

6 Konzeption, Produkt- und Preispolitik

Das Grundmaterial der Latentwärmespeicher ist das PCM (phase change material, oder „Phasenänderungsmaterial“). In diesem wird die eigentliche Speicherung der Wärme chemisch realisiert. Es gibt, wie in der vorangegangenen Forschungs- und Entwicklungsarbeit genauer angeführt zwar mehrere PCM – Arten, jedoch jeweils nur für einen bestimmte Einsatzzweck- bzw. Einsatz – Temperaturbereich. Auf die Verschiedenartigkeit der vielen PCM wird in dieser Arbeit und den Berechnungen nicht eingegangen. Deren individuelle Vor- und Nachteile sind in der Einbindung bei diesem Anwendungsfall nicht relevant und bleiben in der Kalkulation unberücksichtigt. Für den LWS ist dieses „Grundmaterial“ aber unumgänglich und aufgrund dessen hohen Preis auch der bestimmende Faktor in der Beschaffungspolitik. Abgesehen vom erforderlichen Know How für den gesamten Prozess, welches natürlich auch einen entscheidenden Faktor bildet, dessen ungeachtet in die Kostenrechnung aber meist nicht direkt einfließt. Außerdem ist dessen Bewertung meist schwierig da es von innen kommt und als gegebene Größe sowieso die Grundvoraussetzung zur Herstellung darstellt. Alle weiteren eingesetzten Materialien werden auf verschiedene Art und Weise in industriellen Herstellprozessen bereits erfolgreich eingesetzt und verarbeitet. Es gibt also genügend Erfahrungswerte auf die bei den, herkömmlichen Materialien zurückgegriffen werden kann.

6.1 Produktkonzeption und Produktumfang

Wie eingangs erwähnt gibt es mehrere Anwendungsgebiete für LWS. Also wird hier die Produktkonzeption und der entsprechende Einsatzzweck definiert. Und dieser liegt in der Wärmespeicherung über einen längeren Zeitraum von mehreren Monaten (im Gegensatz zur verwandten Art als Ersatz eines sensiblen Speichers, wo auch auf ähnliche Materialien zurückgegriffen wird, diese dabei aber völlig unterschiedliche Materialcharakteristiken aufweisen müssen). Die Produktkonzeption ist die teilweise Deckung des Energiebedarfes von Einfamilienhäusern. Im Sommer wird das PCM mittels solarer Energie desorbiert, anschließend kondensiert und in diesem Zustand im Speicher aufbewahrt. Wenn die Wärmeabgabe benötigt wird, wird das Wasser im Verdampfer wieder befeuchtet und somit verdampft. Das PCM adsorbiert die Feuchtigkeit und es entsteht dabei die gewünschte Wärme. Folgend das prozesstechnische Schema:

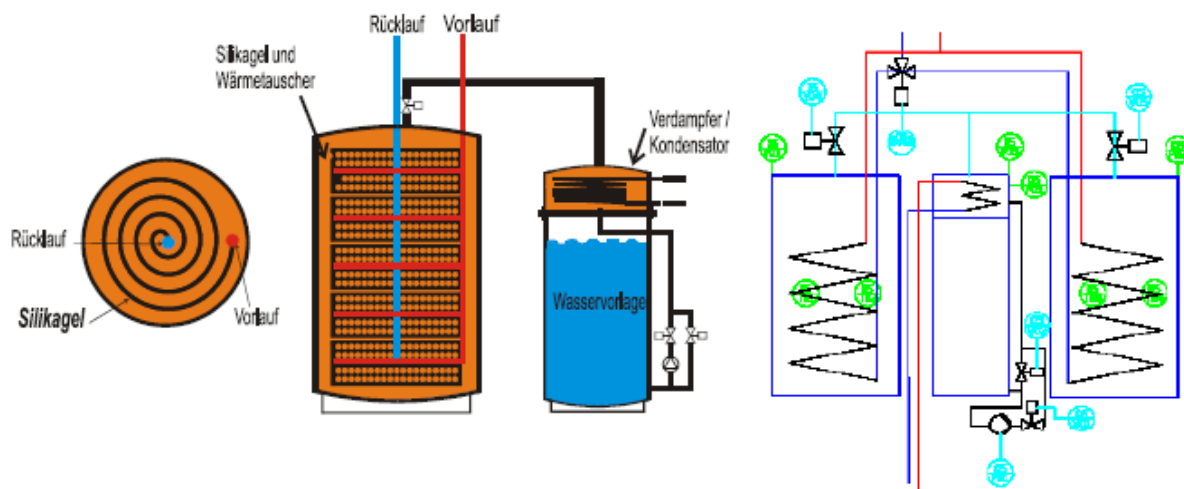


Systemeinbindung des LWS

(Quelle Grafik: Streicher, 2008) Seite 81 [43]

Der Produktumfang beschränkt sich auf alle für den Betrieb des LWS erforderlichen Komponenten. Wie in nachstehender Systemgrafik ersichtlich sind dies:

- Der Latentwärmespeicher
 - Mit der PCM – Füllung als Speichermedium
 - Mit dem Wärmetauscher zur Ladung und Entladung
- Die Lade- und Entladevorrichtungen
 - Verdampfer
 - Kondensator
 - Wasservorratsbehälter



Konzept des LWS

(Quelle Grafik: Streicher, 2006) Seite 18 [47]

6.1.1 Aufbau der PCM - Behälter

Als Bauform zur Beinhaltung der PCM werden mehrere Rohre gewählt die parallel und vertikal aufgestellt sind. Der Rohrdurchmesser sollte ca. 200mm betragen, die Rohrlänge ca. 1,6m. Dies führt zu mehreren Rohren im Speicher und dient dem besseren Wärmeübergang. Verringert als Nachteil allerdings auch das PCM – Volumen deutlich. Zur Befüllung werden zwei verschiedene Materialien gewählt. Dies aufgrund deren physikalischer und chemischer Eigenschaften und zum Vergleich der Herstellkosten mit unterschiedlichen Ausgangsmaterialien. Nachfolgend die Daten der Rohre als Übersicht:

- PCM – Füllung:
 - 80% RT58 und 20% EVA 15295
 - Paraffin Sasol 6850
- Rohrdurchmesser: 200mm
- Rohrlänge: 1600mm
- Rohrvolumen: 1,14dm³
- Wandstärke: 0,4mm

Zu Beginn war Kunststoff aufgrund dessen Beständigkeit vor allem gegenüber Salzen und Parafinen als Werkstoff für die Umhüllung der PCM geplant. Dies wurde jedoch verworfen da sich das verwendete PCM auch mit Edelstahl verträglich zeigte und dessen Bearbeitungseigenschaften sowie die Beschaffung wesentlich einfacher sind. Außerdem ist der Wärmeübergang zum PCM wesentlich besser als bei Kunststoff und es sind somit bei geringeren Wandstärken wesentlich höhere Übertragungsleistungen erzielbar. Eine ausreichende Beständigkeit gegen Korrosion ist damit gegeben, es musste aber ein besonderes Augenmerk auf die Chemikalienbeständigkeit gelegt werden.

Weiters sollte die Temperatur in den Rohren gemessen werden. Dies soll durch Thermoelemente realisiert werden die an der mittleren Achse des Rohres angeordnet sind und über einen Klemmring mit der Rohrwand verbunden sind. Somit besteht die Möglichkeit die Durchschnittstemperatur über den gesamten Rohrdurchmesser zu messen. Es wird eine zusätzliche Messstelle an der Außenwand eingespart. Die Durchführungen durch die Verschlussstopfen wird mit Harz vergossen (Sinngemäß nach Streicher, 2008) Seite 50 [44].

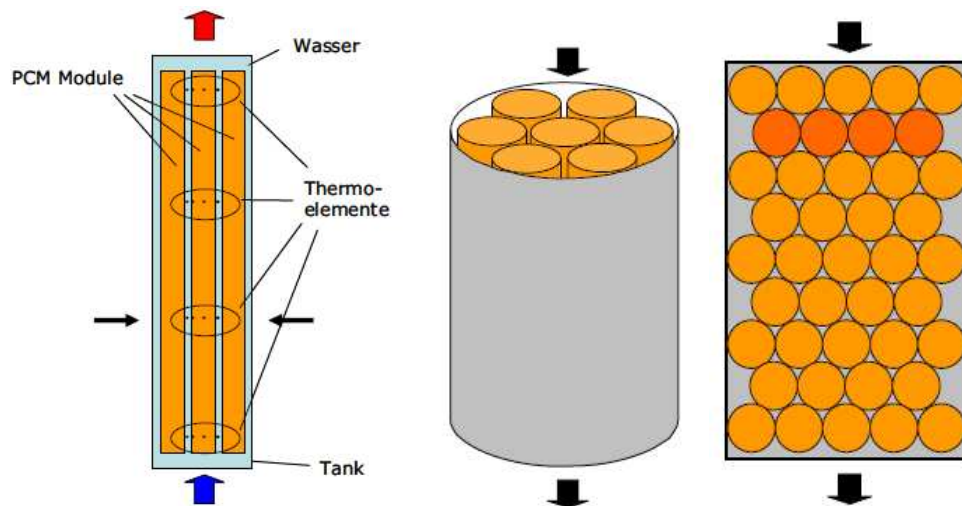


Klemmung zur Aufnahme der Temperaturfühler

6.1.2 Blockschaltung der PCM – Behälter in einem Zylinder

Die vorher angeführten Rohre sollen in einem Verbund zusammengeschaltet werden um als Summe der Einzelleistung der Rohre die erforderliche Leistung zur Verfügung zu stellen. Es sollen möglichst kostengünstig und unter bester Platzausnutzung die einzelnen Rohre verbunden werden. Zusätzlich ist auf geringen Strömungswiderstand, geringes Gewicht des Rahmens und eine stabile Konstruktion zu achten. Der Zusammenbau sollte möglichst einfach und Modular sein. Auch sollen die einzelnen Rohre austauschbar montiert werden um eine spätere Wartbarkeit zu gewährleisten. Es wird jeweils ein Rohr in der Mitte und die weiteren Zylinder rund um das Mittelrohr montiert. Die Rohre werden jeweils mittels Zentrierstift in die gewünschte Position gebracht. In der Mitte des Sterns wird eine Gewindestange angebracht um diesen später in den Speicher verschrauben zu können. Die Rohre werden an der Unterseite mit festem Boden und an der Oberseite mit einer Einfüllöffnung versehen. An der Einfüllöffnung kommt eine O – Ringdichtung zum Einsatz die mit jeweils 4 eingekerbten Stiften aus Edelstahl mit der Rohrwand verbunden werden. Somit wird eine axiale und vertikale Verschiebung verhindert. Ein Rohrblock soll immer aus mehreren Rohren bestehen, je nach Speichergröße. Die Rohre werden in eine vorgefertigte Halterung gestellt um später, eingebaut in der Halterung, befüllt zu werden. Bei den Verschlussstopfen an der Oberseite werden an der Außenseite Bohrungen gefertigt um dann mittels entsprechenden Zentrierstiften die Rohre zu fixieren. Somit ist eine Sicherheit gegenüber der Wärmeausdehnung der Rohre in axialer und vertikaler Richtung gegeben.

Bei der Befüllung der Rohrzylinder sind die Herstellerangaben bezüglich hygroskopischer Stabilität des PCM zu beachten. Ist eine Schmelzung des Materials erforderlich so ist das System immer zu verschließen um einen Wasserverlust zu vermeiden. Die Befüllung soll über eine Dosierstation erfolgen welche über ein Rohrleitungssystem die einzelnen Zylindermodule befüllt. Die Dosierung wird dabei über eine dem PCM entsprechende Matrix realisiert.



Blockschaltung der PCM – Zylinder

Um eine bessere Übersicht der Herstellkosten verschiedener LWS zu erlangen wurde anfänglich mit drei Speichergrößen kalkuliert. Aufgrund der Ergebnisse der ersten Berechnungen und der linearen Abhängigkeit von der PCM – Menge wurde fortan nur mehr mit zwei Speichergrößen kalkuliert. Dies sollte der Vereinfachung in den Berechnungen dienen und die Möglichkeit mehrere, verschiedenartiger zusätzlicher Berechnungen schaffen. Die Speicherhöhe sollte mit 2m immer gleich bleiben. Um eine Aufstellung bei normalen Raumhöhen zu ermöglichen. Die Durchmesser der Speicher betragen zu Beginn:

- 0,5m Durchmesser mit 1x Lade- und Entladewärmetauscher
- 1,0m Durchmesser mit 1x Lade- und Entladewärmetauscher
- 1,5m Durchmesser mit 1x Lade- und Entladewärmetauscher

In die Kalkulation flossen aber wie erwähnt nur die 1m und 1,5m Speicher ein da eben die Berechnungen ansonsten zu unübersichtlich wären. Die Speicher mit 0,5m Durchmesser könnten später in einem eigenen Rechenmodell zur Parallelschaltung bei anderen Applikationen wie z.B. Heizkesseln dienen. Um das Potenzial kleinerer LWS in weiteren möglichen Szenarien zu betrachten.

6.1.3 Mechanismen zur Be- und Entladung der Rohre

Die Rohre werden bis ca. 28mm unter dem oberen Rand befüllt. Infolgedessen besteht die Möglichkeit der Ausdehnung, Trocknung und Befeuchtung. Die Füllung muss somit nicht volumetrisch eindosiert werden. Eine Aufheizung und Abkühlung im erlaubten Temperaturbereich sollte eine Luftkammerhöhe an der Oberseite von 5mm nicht unterschreiten. Bei der Vermischung der Materialien ist wieder auf den nicht stattfindenden Wasserverlust im Arbeitsprozess zu achten. Dies ist weiters auch der gleichmäßigen Verteilung der Stoffe dienlich. Auch der Einschluss von Luft ist zu verhindern indem das Granulat bei Füllung verdichtet wird (was auch zur Erhöhung der Dichte des Granulats dient). Es wird das Granulat im angelieferten, bei beiden Typen schüttförmigen Zustand vermischt und anschließend in die Rohrzylinder gefüllt. Dies ist teilweise aufwendiger in der Produktion, birgt jedoch den Vorteil der Verarbeitung des Granulats im Anlieferungszustand in sich. Dies soll auch eine mögliche Entmischung verhindern, einen geringeren Luftanteil bei der Füllung geben und eine homogene Verteilung des Materials mit sich bringen.

6.1.4 Werkzeuge zur Be- und Entladung der Rohre

Zur Füllung der Rohre bei komprimierten PCM muss ein Presswerkzeug erstellt werden. Mittels diesem werden Tabletten hergestellt die in den Zylinder eingeführt werden. Die Anzahl der Tabletten wird durch das erforderliche PCM – Volumen bestimmt. Der Durchmesser bestimmt sich durch den Rohrdurchmesser der einzelnen Zylinder. Die Tabletten dehnen sich nach der Füllung leicht aus um somit einen guten Sitz und somit einen guten Wärmeübergang zum Wandmaterial zu bilden. Die entsprechenden Thermoelemente werden zwischen den Tabletten eingeschoben. Die Ausstattung der Rohre mit dem Thermoelement ist sowohl bei der Tablettenbefüllung als auch in der flüssigen Rohrbefüllung zu berücksichtigen. Die Ausdehnung des PCM und die entsprechende axiale Verschiebung des Thermoelements ist durch die Einbringung des Elements von oben durch die Füllöffnung nicht relevant.

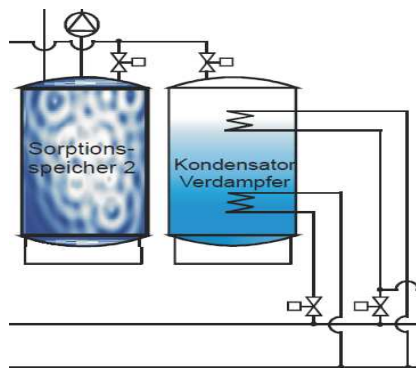


PCM – Zylinderaufbau

(Quelle Grafik: Streicher, 2008) Seite 54 [44]

6.1.5 Kondensator und Verdampfeinheit

Diese dient zur Verdampfung des Wassers im Adsorptionsbetrieb (Wärmeabgabe des LWS) um das PCM in der gewünschten Weise zu befeuchten. Umgekehrt wird im Ladabetrieb der desorbierte Dampf aus dem PCM in die Kondensator – Verdampfeinheit geführt. Die Speichereinheit und die Kondensator – Verdampfeinheit sind mit einem Dampfrohr miteinander verbunden. Ein Ventil verhindert den Rückfluss des Dampfes (Feuchtluft) in den Speicher. Somit kann ein unbeabsichtigtes entladen vermieden werden.



Kondensator und Verdampfeinheit

Die Kondensator – Verdampfeinheit wird als separates Teil gefertigt und mit dem Dampfrohr mit der LWS – Einheit dann vor Ort verbunden. Es werden jeweils die Anschlüsse für das Dampfrohr an beiden Einheiten vorgesehen.

6.2 Produktlimitationen und Einsatzbereich

Die wohl problematischste Einschränkung ist die praktische Speicherkapazität des LWS. Es kann immer nur ein sehr geringer Teil des Energiebedarfes der Gebäude gedeckt werden. Die geplanten Speichergrößen mit einem Durchmesser von 1m bzw. 1,5m und 2m Höhe weisen nur ein effektives PCM – Volumen von $1,6\text{m}^3$ bzw. $3,5\text{m}^3$ auf. Dies bedeutet bei einer praktisch umsetzbaren Speicherkapazität von ca. 180kWh/m^3 lediglich 288kWh bzw. 630kWh an theoretischer Ausbeute zur Verfügung stehen. Doch selbst moderne Gebäude verbrauchen deutlich mehr, je nach Größe, Aufbau und Wärmedämmung. Ein Durchschnittshaus mit 135m^2 in Niedrigenergiebauweise verbraucht jährlich ca. 8.000kWh. Ein altes Haus sogar mehr als 20.000kWh. Somit liegt der Deckungsgrad, ungeachtet der Ladebeschränkungen bei nur ca. 3% bzw. sogar noch darunter. Dies rechtfertigt im

momentanen Entwicklungsstand keine Investition in einen LWS. Vor allem im Anbetracht dessen hoher Herstellkosten.

Weiters ist das spezifische Gewicht und der Preis des PCM momentan noch zu hoch. Der hohe Preis des PCM führt eben zu solch hohen Herstellkosten als dass sich momentan die Massenfertigung noch nicht auszahlen würde. Würde der Preis des PCM in einem vertretbaren Rahmen liegen dann könnte eben das hohe spezifische Gewicht des PCM ein Problem darstellen. Denn die in das Gebäude einzubringenden Speicher wären dann mehrere hundert Kilogramm schwer. Dies würde einfach zu vielen praktischen Problemen führen. Zusätzlich sind, wie eingangs bereits erwähnt die Entladeleistungen für die Warmwasserbereitung zu gering. Der Einsatzbereich im momentanen Entwicklungsstand ist also nicht in der Deckung des Heizenergiebedarfes von Einfamilienhäusern zu suchen. Es müssen somit entweder andere Einsatzzwecke gefunden, oder bessere PCM – Materialien entwickelt werden. Dementsprechend müssen noch einige Jahre in die Suche nach leichteren und günstigeren PCM investiert werden.

6.3 *Produktpolitik*

Um den eingangs beschriebenen Einsatzbereich und Zielmarkt gerecht zu werden ist die Produktpolitik auch entsprechend zu gestalten. Hauptsächlich soll natürlich die Befriedigung des Kundenbedürfnisses nach „günstiger Energie“ als Kerneigenschaft des LWS gedeckt werden. Jedoch, vor allem mit Bedacht auf den Produkteinsatz beim Endkunden, dürfen die Komponenten Ausstattung, Service- und Wartbarkeit, Pflege und Erneuerung nicht außer Acht gelassen werden. Diese Zusatzeigenschaften sollten von Beginn an eine Differenzierung zu möglichen Substitutionsprodukten schaffen.

6.3.1 Das Leistungsangebot

Es umfasst grundsätzlich nur den Langzeitenergiespeicher als homogenes Produkt. Als Zusatzangebot wird die Planung der gesamten Heizungsanlage angeboten. Dies jedoch nur in Verbindung mit lokalen Fachplanern. Hiermit soll der korrekte und effektive Einsatz des Energiespeichers gewährleistet werden. Speziell in kommunalen Gebäuden wäre es falsch sich durch das Planungsangebot in Konkurrenz zu den örtlichen Planungsbüros zu stellen. Vor allem auch deswegen da diese ja für das Lobbying der LWS aktiviert werden sollen. Alle erforderlichen Installationsarbeiten sollten durch örtliche Installateurbetriebe durchgeführt werden.

6.3.2 Die Ausstattungsmerkmale

Der LWS soll in seiner Basisausstattung von einer Wärmequelle beladen und einer Lastquelle entladen werden. Zusätzlich um den Betrieb mit mehreren Wärmequellen zu gewährleisten werden weitere Ladewärmetauscher angeboten. Da dies in der momentanen Entwicklungsphase technisch noch nicht möglich bzw. sinnvoll ist kann dies als spätere Produktinnovation einfließen. Vergleicht man jedoch den LWS mit sensiblen Speichern ist es evtl. sinnvoll langfristig folgende Produktversionen anzubieten:

- 1x Lade- und 1x Entladewärmetauscher
- 2x Lade- und 1x Entladewärmetauscher

Diese sollten mit den entsprechenden Speichervolumina frei kombinierbar sein. Eine problemlose Einbringung ist vor allem wichtig um Schäden durch unsachgemäße Einbringung bereits im vorhinein zu vermeiden. Somit werden stabile, demontierbare Haltegriffe mitgeliefert um den Speicher komfortabel von der Entladestelle in den gewünschten Raum tragen zu können. Es werden auch montier- und verstellbare Standfüße mitgeliefert um den Speicher waagrecht auf verschiedenen Untergründen aufstellen zu können. Die Außenhülle wird aus Kunststoff gefertigt um eine optisch ansprechende Oberfläche zu gewährleisten. Obige Ausstattungsmerkmale verursachen geringe Herstellkosten, vermitteln jedoch den Eindruck eines ausgereiften Produktes. Ähnliche Merkmale zählen auch bei namhaften Warmwasserspeicher – Herstellern zum Standard. Die Zertifizierung nach dem Austro-Solar Gütesiegel könnte mittelfristig angestrebt werden.

6.3.3 Die Qualitätsmerkmale

Es sollte grundsätzlich ein qualitativ hochwertiges Produkt angestrebt werden. Vor allem deswegen da zu Beginn des Produktlebenszyklus eine Abschöpfstrategie angestrebt wird. Somit könnte die Assoziation zu einer hochwertigen Marke bei den Kunden von Beginn an geschaffen werden. Dies soll auch durch eine robuste, stabile Bauweise mit qualitativ hochwertigen Materialien gewährleistet werden. Um den Betrieb auch mit chemisch nicht idealem Wasser zu gewährleisten wird der Wärmetauscher in Edelstahl gefertigt. Ein wichtiges Qualitätsmerkmal sind auch die obigen Ausstattungsdetails wie Tragegriffe, verstellbare Füße und stabile, formschöne Außenhülle.

6.3.4 Design und Verpackung

Das Design des LWS selbst sollte schlicht mit einfachen und klaren Linien sein. Das Produkt besteht im Inneren aus einem Verbund aus Metall und Kunststoff. Darüber wird eine blaue Kunststoffhülle – wenn möglich mit recycelbarem Kunststoff – gestülpt. Der Speicher ist zylinderförmig. Somit ist das Erscheinungsbild ein großer farbiger Zylinder mit seitlichen Anschlüssen für die Energieversorgung- bzw. -abnahme und für die Verdampfungsleitung. Der Deckel und der Boden sollen schwarz sein. Als Verpackungsmaterial könnte Wellpappkarton gewählt werden. Einerseits aus ökologischer Sicht und aus Kostengründen. Aber auch aufgrund des besseren Schutzes gegen Kratzer beim Transport. An den oberen und unteren Enden wird eine Kunststoffolie angebracht um Beschädigungen beim Transport vorzubeugen. Bei der Einbringung ist speziell auf die Größe des Produkts inkl. Verpackung darauf zu achten dass eine Einbringung durch Standard – Kellertüren möglich ist. Dies gilt vor allem beim Einsatz des LWS bei Sanierungen und Erneuerung der Heizungsanlagen. Als generelle „Auftrittsfarbe“ des LWS könnte „Ozeanblau“ gewählt werden. Einerseits, um dem Trend entsprechend auf die Umweltfreundlichkeit und die ökologische Nachhaltigkeit des Produkts hinzuweisen, andererseits ist „Ozeanblau“ eine RAL-Farbe (RAL 5020) und somit leicht und günstig im Einkauf zu bekommen.

6.3.5 Möglicher Produktlebenszyklus

Eine ein bis zweijährige Einführungsphase in der hauptsächlich die Planer und der Sanitärgroß- und Einzelhandel informiert und überzeugt werden sollte als Minimum angenommen werden. Danach kann mit einer circa 8 - jährigen Wachstumsphase und einer 10 – jährigen Reifephase gerechnet werden. Innerhalb von ca. 5 Jahren nach Produkteinführung wird mit den ersten Substitutionsprodukten gerechnet.

6.3.6 Die Markteinführungsphase

Die geplante Dauer der Markteinführungsphase soll ein bis zwei Jahre betragen. In dieser Zeit könnten die LWS auch von einer externen Produktionsfirma gefertigt werden. Um eine Präsenz zu schaffen wird versucht bei bekannten, teilweise staatlich geförderten Projekten wie z.B. „ModeStore“ oder „Haus der Zukunft“ eine Referenzanlage zu erstellen. Hiermit wäre gleichzeitig auch der Nachweis der Kennzahlen durch dauerhafte Energie- und Ertragsmessungen an diesen

Referenzprojekten gegeben. Zudem sollten parallel Kontakte mit entsprechenden Entscheidungsträgern im Zuge dieser Projekte geknüpft werden.

6.4 Preispolitik

Ausgehend von der im Kapitel „Kalkulation und Planung der Kosten“ errechneten Herstell- und Selbstkosten kann der Verkaufspreis ermittelt werden mit dem man einen entsprechenden Gewinn erzielen – könnte. Denn die Ermittlung der Selbstkosten um danach mit entsprechenden Aufschlägen einen Verkaufspreis zu generieren ist hier, sowie auch bei vielen anderen Produkten nicht möglich. Da die Preise vom Marktumfeld und dem entsprechenden Kundennutzen des Produkts bestimmt werden soll zuerst eine Marktpreisabschätzung und dann eine retrograde Berechnung des Preises erfolgen. Es sind am Markt zwar noch keine direkten Substitutionsprodukte vorhanden. Jedoch scheint, ob der Vielfalt der alternativen Energiesysteme dieser Weg der Preisbestimmung am meisten praxisgerecht zu sein.

6.4.1 LWS – Marktpreisabschätzung auf Basis der Amortisationsrechnungen

Laut Amortisationsvergleich liegen die Investitionskosten für ein alternatives Heizsystem bei ca. €11.000 bis € 45.000 (siehe in der Tabelle aus Kapitel „Fazit der Amortisationsrechnungen“). Wobei die Praxis zeigt dass die €45.000 für eine Photovoltaikanlage sehr selten investiert werden. Somit kann, mit Rücksicht auf ein großes Marktvolumen mit erzielbaren Preisen von ca. €10.000 bis €15.000 gerechnet werden. Dies ist jedoch nicht gleich dem erzielbaren Preis pro LWS – Einheit. Denn um den LWS zu laden wird eine solarthermische Anlage benötigt. Weiters wurde gezeigt dass bei einer Einbindung in einem durchschnittlichen Einfamilienhaus das Einsparpotenzial nur bei ca. €306 pro Jahr liegt. Was nicht viel Spielraum für die Preisgestaltung des LWS zulässt. Rechnet man überschlägig mit einem vertretbaren Amortisations – Zeitrahmen von 10 Jahren dann dürfte ein LWS nur ca. €3.000 kosten.

Wichtig an dieser Stelle ist noch einmal der Hinweis aus dem im Kapitel „Konzeption des Produktes, Produkt- und Preispolitik“ festgestellte Deckungsgrad des LWS (nach momentanen Entwicklungsstand). Dieser beträgt nämlich nur 3-10% des Gesamtenergiebedarfes eines durchschnittlichen Einfamilienhauses. Somit sind die Preise der folgenden retrograden Kalkulation eher als „Zukunftsszenario“ oder Hypothese zu verstehen. In welchem der LWS bei vergleichbarer Größe, errechneten

Selbstkosten und Verkaufspreisen dann 80% und mehr des Energiebedarfes der Gebäude decken kann. Momentan wären die LWS in dieser Konstellation und aktuellem Entwicklungsstand nicht verkaufbar!

Fazit:

Betrachtet man ausschließlich den Kundennutzen so sollte der Preis unter €5.000 liegen. Vor allem wegen der zusätzlichen Notwendigkeit einer Solaranlage zur Ladung des LWS. Unter Einbeziehung der momentan üblichen Marktpreise anderer alternativer Systeme ist aber ein Preis von mehr als €10.000 erzielbar. Somit scheint folgende Preisgestaltung als möglich:

- 1x Lade- und 1x Entladewärmetauscher mit 1m Durchmesser (geplanter Deckungsgrad bei bis zu 80% des Energiebedarfes): **€10.000**
- 1x Lade- und 1x Entladewärmetauscher mit 1,5m Durchmesser (geplanter Deckungsgrad bei mehr 80% des Energiebedarfes): **€12.000**

Wie erwähnt ist dies jedoch hypothetisch und gilt praktisch umsetzbar erst dann wenn der LWS die Fähigkeit besitzt mehr als 80% des Energiebedarfes eines durchschnittlichen Einfamilienhauses zu decken.

6.4.2 Target Costing auf Basis der Amortisationsvergleiche

Wie im vorangegangenen Kapitel „Produktlimitationen und Einsatzbereich“ berechnet ist eine retrograde Kalkulation im strikten Sinne der Preisermittlung aufgrund des Marktpreises aus nicht sinnvoll. Der Deckungsgrad des LWS im aktuellen Entwicklungsstand ist mit nur ca. 3% zu gering. Somit wird bei der retrograden Kalkulation angenommen dass der LWS ca. 80% des Heizenergiebedarfes eines Gebäudes decken kann. Ausgehend von einem durchschnittlichen Einfamilienhaus mit 135m² und den bekannten Preisen der konkurrierenden, alternativen Energiesysteme können somit die erzielbaren Verkaufspreise ermittelt werden.

Es wird als Verfahren im Target Costing das „Market into Company“ gewählt (Sinngemäß nach Stelling, 2009) Seite 168 [41]. Auf eine Marktforschung (z.B. „Conjoint Measurement“) wird nicht zurückgegriffen. Aufgrund des Umfangs einer solchen Analyse sollte dies in einer separaten Arbeit behandelt werden. Die Produktfunktionen werden vorab sehr einfach gehalten. Kundennutzen, Funktionsstruktur, Produktkomponenten usw. wurden bereits in den entsprechenden

Kapiteln behandelt. Es sollen nur zwei LWS – Typen betrachtet werden. Je 1x Lade- und 1x Entladewärmetauscher mit 1m und 1,5m Durchmesser. Dieselben Typen werden dann auch später in der traditionellen Kostenrechnung behandelt. Folgend die angenommene Gewichtung der Produktfunktionen.

Produktfunktion	Teilgewicht [%]
Deckungsgrad des Heizungsbedarfes ("Leistungsfähigkeit")	30
Einbringung in das Gebäude	10
Design des Produktes	20
Wartungsfreundlichkeit	10
Lebensdauer	20
Anzahl der Lade- und Entladewärmetauscher	10
	100

Produktfunktion und Gewichte

Um nun nach dem Konstruktionsentwurf der folgenden Kapitel den entsprechenden Baugruppen die Kosten zuordnen zu können gilt nachstehende Tabelle.

Funktionelle Einteilung der Komponenten		Kostenanteil bei D=1m [%]	Kostenanteil bei D=1,5m [%]
A	PCM-Füllung	49	58
B	Kupferrohre	7	6
C	Thermoelemente	5	6
D	Regelung	4	2
E	PCM-Vorbehandlung	4	4
F	Zusammenbau (Arbeitszeit)	12	12
G	restliche Komponenten	19	12
		100	100

Komponenten und deren Kostenanteile

Es ist sofort ersichtlich dass das PCM als Basismaterial der größte Kostentreiber ist. Der Anteil der Arbeitszeit (Zusammenbau der Komponenten) ist als zweitgrößter Anteil schon deutlich geringer. Alle weiteren Komponenten werden bereits jetzt in industriellen Prozessen in Massenfertigung hergestellt und machen einen sehr kleinen Anteil an den Herstellkosten aus. Die Sondereinzelkosten wurden hier nicht berücksichtigt da diese auch einen verschwindend geringen Anteil an den Herstellkosten aufweisen.

Eine Komponenten – Funktionen – Matrix wird nicht erstellt da aus der Tabelle „Komponenten und deren Kostenanteile“ folgende Tatsachen ersichtlich sind:

- Alle „verzichtbaren Komponenten“ haben Anteile von <3% an den Herstellkosten
- Der Spielrahmen der „verzichtbaren Komponenten“ ist somit vernachlässigbar klein
- „verzichtbaren Komponenten“ wie z.B. Montagefüße und Transportgriffe machen bei verhältnismäßig verschwindenden Kostenanteilen einen hohen

Produktfunktionswert für den Kunden aus (es sollte somit nicht auf diese Komponenten verzichtet werden)

Dasselbe gilt auch für die relative Gewichtung der Komponenten und den Zielkostenindex. Es wird somit auf eine solche Matrix und die Berechnung des Zielkostenindex aus den oben genannten Gründen an dieser Stelle verzichtet.

6.4.3 Target Costing – Theorie und Berechnungen

Ausgehend von dem in der Marktpreisabschätzung festgelegten Preis pro Einheit können die Target Costs ermittelt werden. Dies soll mittels geplanter DBU (Direct Margin) berechnet werden.

Target Price		
- Target Profit		
= Target Costs		

→ in konkreten Zahlen:

	D=1m	D=1,5m
Target Price [€]	10.000	12.000
Target Profit [%]	55	55
Target Costs [€]	5.500	6.600

DBU-Faktor

Der DBU als Verhältnis von Deckungsbeitrag zu Umsatz sollte 55% betragen. Dieser wurde, in Bezug auf die im Kapitel „Die Qualitätsmerkmale“ angepeilte „Abschöpfstrategie“ zu Beginn des Produktzyklus eher hoch angesetzt werden. Somit würde später im Produktlebenszyklus bei auftreten von Substitutionsprodukten noch ein Spielraum nach unten bestehen.

Obige Tabelle zeigt dass aber bereits die variablen Selbstkosten über den Target Costs des LWS (detaillierte Berechnung siehe unter „Selbstkostenkalkulation“) liegen. Zur Information werden die Target Costs und die später berechneten Selbstkosten hier noch einmal angeführt. Zum Vergleich werden die Stückherstellkosten bei einer initialen jährlichen Absatzmenge von 105 Stück aus der Vollkostenkalkulation angeführt. Dazu werden zur Veranschaulichung verschiedene Absatzmengen berechnet um deren Einfluss auf den Betriebserfolg zu zeigen:

LWS Typ	D=1m	D=1,5m	D=1m	D=1,5m	D=1m	D=1,5m	D=1m	D=1,5m
Absatz [Stck]	39	66	100	200	500	800	800	1.000
Target Price [€]	10.000	12.000	10.000	12.000	10.000	12.000	10.000	12.000
Target Profit [%]	55	55	55	55	55	55	55	55
Umsatzerlös [€]	390.000	792.000	1.000.000	2.400.000	5.000.000	9.600.000	8.000.000	12.000.000
Target Costs [€]	214.500	435.600	550.000	1.320.000	2.750.000	5.280.000	4.400.000	6.600.000
Deckungsbeitrag [€]	175.500	356.400	450.000	1.080.000	2.250.000	4.320.000	3.600.000	5.400.000
Fixkosten [€]	326.813	938.710	326.813	938.710	326.813	938.710	326.813	938.710
Betriebserfolg / Typ [€]	-151.313	-582.310	123.187	141.290	1.923.187	3.381.290	3.273.187	4.461.290
Betriebserfolg gesamt [€]		-733.622	264.478		5.304.478		7.734.478	

Target Costing mit verschiedenen Absatzmengen

Fazit:

Obige Tabelle verdeutlicht zwei Dinge. Erstens ist die angenommene Absatzmenge von 105 Stück zu gering und zweitens ist der Einkaufspreis des PCM zu hoch.

Es ist deutlich zu erkennen dass bei einem Absatz ausschließlich in Österreich die Menge der berechneten, absetzbaren Einheiten zu gering ist um mit dem Produkt einen wirtschaftlich ausreichenden Gewinn zu erzielen. Somit ist es unerlässlich auch die restlichen europäischen Märkte zu erschließen um mit dem LWS erfolgreich zu sein. Die gesamte Absatzmenge insgesamt („Typ 1m“ und „Typ 1,5m“) muss über 1.000 Stück liegen um bei Eigenproduktion erfolgreich zu sein. Diese Annahmen gelten aber nur für den „Typ 1m“. Denn nur dieser würde mit den aktuell angenommenen Kosten des PCM zu einem Erfolg führen, im Gegensatz zum „Typ 1,5m“ dessen Herstellkosten aufgrund des PCM – Grundpreises zu hoch liegen. Beim Target Costing bleibt also der große Einfluss des PCM als Kostentreiber in den variablen Herstellkosten unbeachtet. Dies wird später im Abschnitt der Analyse der Kostentreiber verdeutlicht. Auch im Abschnitt der kurzfristigen Erfolgsrechnung werden Berechnungen dazu angestellt welche dies verdeutlichen. Eine Break – Even Analyse für die kurzfristige Erfolgsrechnung ist unter „Kurzfristige Erfolgskalkulation bei verschiedenen Absatzmengen“ angeführt.

Die oben angeführte Target – Costing Tabelle ist somit nicht zu 100% Aussagekräftig in Bezug auf den zu erwartenden Betriebserfolg bei den angeführten Target Costs. Der große Einfluss des „Kostentreiber PCM“ lässt sich natürlich auch nicht mit berechneten Target Costs einfach eliminieren. Der wichtigste Schluss aus der Berechnung ist aber die Notwendigkeit der Erhöhung der Absatzmenge.

7 Kalkulation und Planung der Kosten

Die Planung der Kosten verfolgt zwei verschiedene Ziele. Einerseits die Bestimmung der vollen Herstellkosten um zu prüfen ob ein LWS innerhalb jenes Preisrahmens herstellbar ist der in den Amortisationsvergleichen als erzielbar im festgestellt wurde. Andererseits soll aufgezeigt werden wie viel die Herstellung denn grundsätzlich kostet um daraus entsprechende Schlüsse ziehen zu können. Da der LWS nicht zur vollen Deckung des Energiebedarfes eingesetzt werden kann ist dieser immer ein „Add On“ auf ein System zur Deckung des restlichen Energiebedarfes. In Kenntnis der Herstellkosten kann dann auch bestimmt werden ob der LWS zusätzliches Potenzial hat oder schlichtweg einfach noch zu teuer in der Herstellung ist.

7.1 Allgemeine Annahmen und Informationen

Die einzigen Erfahrungen die in der Herstellung der LWS vorhanden sind, sind jene aus den Pilotprojekten. Es wurde ein LWS in Regiearbeit aufgrund der vorangegangenen Grundlagenforschung mit den PCM gebaut. Dabei wurde zwar auf die grundsätzliche Vereinfachung der Konstruktion geachtet. Dennoch war das primäre Ziel die Erlangung von Messergebnissen für die Forschung, eine Massenfertigung war in diesem Schritt noch kein Thema. Somit beruhen die nachfolgenden Berechnungen auf bereits gefertigten Prototypen. Alle Werte beruhen also auf recherchierten Annahmen und sind keine Istwerte oder Aufzeichnungen. Die Genauigkeit in den einzelnen Kostenfaktoren ist bei einem Start zur Massenfertigung sicherlich noch einmal zu verschärfen. Das Ziel der folgenden Berechnungen ist die Kenntnis der ungefähren Herstellkosten um die Wirtschaftlichkeit der LWS in Konkurrenz mit anderen alternativen Energiesystemen bestimmen zu können. Weiters wurden die Gemeinkosten auf Basis eines Produktionsunternehmens mit ähnlichem Umsatz angenommen. Die Annahme wurde getroffen damit später eine Erfolgsrechnung durchgeführt werden kann.

Die Planung der Kosten erfolgt auf Grundlage der Kostenrechnung in der „Fallstudie zur Unternehmungsplanung“ (Sinngemäß nach Stelling, 2010) Fallstudie zur Unternehmungsplanung [40]. Die Kosten beinhalten nicht die erforderlichen Investitionen in Maschinen, Fertigungshalle, Verwaltung, usw. welche für die Gründung eines Unternehmens erforderlich wären. Dies sollte in einem separaten Businessplan bearbeitet werden und ist nicht Teil der folgenden Berechnungen.

7.2 Herstellkosten auf Vollkostenbasis

Die Material- und Zeitannahmen beruhen auf den in den Pilotprojekten gefertigten LWS. *Die Berechnung basiert auf dem Sachumfang der Kosten. Beginnend mit der Kostenartenrechnung werden die gesamten Kosten nach Menge und Wert erfasst. Danach werden die Kostenstellen bestimmt und den Betriebsbereichen zugeordnet in denen diese entstehen würden* (Sinngemäß nach Stelling 2009) Seite 23 [41].

7.2.1 Kostenarten

Da es sich um die Herstellung eines einzelnen Produkts handelt und sind die Produktionsfaktoren recht übersichtlich. Es werden folgende Kostenarten geplant:

- Einzelkosten: separat geplant laut Liste der verzehrten Produktionsfaktoren
- Variable Gemeinkosten: Strom und Heizung
- Fixe Gemeinkosten: Personal, Betriebsmittel, Instandhaltung, Gebäudemiete, Leasing der Fahrzeuge, AfA

Die Material- und Werkstoffkosten werden in der folgenden Tabelle der Einzelkosten detailliert dargestellt. Die Verbrauchsmengen der Hilfsstoffe sind in der Liste beinhaltet. Kalkulatorische Kosten wie z.B. Abschreibung und Patentrückstellung sind in den Sondereinzelkosten bzw. in den Kostenstellen berücksichtigt.

7.2.2 Einzelkosten

Folgend die Aufstellung der Kosten nach den verzehrten Produktionsfaktoren (vorab ohne Planmengen). Die Arbeitskosten wurden im Satz eher niedrig bewertet und in der Menge eher hoch. Dies soll dazu dienen um auf eine mögliche externe Fertigung zu Beginn der Produkteinführung Rücksicht zu nehmen. Da evtl. in den ersten Jahren nach der Produkteinführung der Absatz zu gering ist um eine eigene Fertigung zu finanzieren könnte dies extern als Lohnfertigung realisiert werden.

	Material Speicher 1m	Stück- kosten €	Gesamt- kosten €	Material Speicher 1,5m	Stück- kosten €	Gesamt- kosten €	Mengen- einheit pro Einheit
Kupferrohr 18mm [m]	72,30	5,30	383,19	114,40	5,30	606,32	
Muffe 18mm [Stck]	4,00	0,40	1,60	4,00	0,40	1,60	
Anschlussverschraubung [Stck]	6,00	1,39	8,34	6,00	1,39	8,34	
Kupferlot, Paste, Kleinmaterial [Stck]	1,00	20,00	20,00	1,00	40,00	40,00	
Edelstahlblech 1mm Kupferrohrträger seitlich [m²]	0,70	4,55	3,19	0,70	4,55	3,19	
Nieten [Stck]	125,00	0,95	118,75	215,00	0,95	204,25	
Edelstahlblech 2mm Boden/Deckel [m²]	1,57	12,57	19,74	3,53	12,57	44,41	
Beilagscheibe 3mm [Stck]	8,00	0,09	0,72	8,00	0,09	0,72	
Beilagscheibe 5mm [Stck]	2,00	0,12	0,24	2,00	0,12	0,24	
Beilagscheibe 12mm [Stck]	6,00	0,14	0,84	6,00	0,14	0,84	
Aufsteckhülse 4mm [Stck]	3,00	1,20	3,60	3,00	1,20	3,60	
Aufsteckhülse 10mm [Stck]	2,00	1,80	3,60	2,00	1,80	3,60	
Dichtring konisch 2,54mm [Stck]	2,00	1,95	3,90	2,00	1,95	3,90	
Dichtring konisch 7,62mm [Stck]	2,00	2,35	4,70	2,00	2,35	4,70	
Edelstahlblech 2mm Hülle [m²]	6,28	3,80	23,88	9,42	3,80	35,81	
Aufsatzring Edelstahl Deckel/Boden [lm]	3,14	1,90	5,97	29,61	1,90	56,25	
Fußblech/Transporthacken Stahlblech 3mm [m²]	0,80	0,80	0,64	0,80	0,80	0,64	
Verdampferanschlussstutzen [Stück]	2,00	4,60	9,20	2,00	4,60	9,20	
Kunststoffhülle [m²]	6,28	8,44	53,03	9,42	8,44	79,54	
Kunststoffabschlussblende oben [Stck]	1,00	3,90	3,90	1,00	4,90	4,90	
Isolierung Hartschaum [m²]	7,85	6,40	50,26	12,96	6,40	82,94	
Ladeanschluss-Kunststoffblende [Stck]	1,00	11,00	11,00	1,00	11,00	11,00	
Kondensatorschlauch [m]	0,90	2,40	2,16	0,90	2,40	2,16	
Kondensatorschlauch-Anschlussmuffe [Stck]	2,00	11,40	22,80	2,00	11,40	22,80	
Kondensatorschlauch-Anschlussverschraubung [Stck]	2,00	6,30	12,60	2,00	6,30	12,60	
Schrauben-Halterung Kondensatorschlauch [Stck]	8,00	1,40	11,20	8,00	1,40	11,20	
Schweißdraht [m]	15,00	0,80	12,00	25,00	0,80	20,00	
Eintrittsmuffe [m]	1,00	1,10	1,10	1,00	1,10	1,10	
Austrittsmuffe [Stck]	1,00	2,50	2,50	1,00	2,50	2,50	
Eintrittsrohr [m]	0,02	0,95	0,02	0,02	0,95	0,02	
Austrittsrohr [m]	0,03	0,95	0,03	0,03	0,95	0,03	
Harz [kg]	0,02	19,50	0,39	0,06	19,50	1,17	
Zentrierstift [Stück]	25	0,90	22,50	56	0,90	50,63	
Edelstahlstab 5mm LWS Halterung [m]	41,00	1,40	57,40	91,00	1,40	127,40	
Edelstahlrohr 12mm LWS Halterung [m]	1,60	2,60	4,16	1,60	2,60	4,16	
Kondensator [Stück]	1,00	122,00	122,00	1	148,00	148,00	
Halterung Kondensatorblech [Stück]	4,00	2,90	11,60	4,00	2,90	11,60	
Umwälzpumpe Kondensator [Stück]	1,00	54,00	54,00	1,00	54,00	54,00	
Ventil Kondensator [Stück]	2,00	27,00	54,00	2,00	27,00	54,00	
Ventilverschraubungen Kondensator [Stück]	4,00	3,40	13,60	4,00	3,40	13,60	
Ventilantrieb Kondensator [Stück]	2,00	29,00	58,00	2,00	29,00	58,00	
Regelung [Stück]	1,00	230,00	230,00	1,00	230,00	230,00	
Kondensator/Verdampfeinheit - Behälter [Stück]	1,00	140,00	140,00	1,00	160,00	160,00	
Verbindungsrohr Kondensator/Verdampfeinheit - Behälter [m]	5,00	2,80	14,00	5,00	2,80	14,00	
Verschraubungen Kondensator/Verdampfeinheit - Behälter [Stck]	4,00	2,40	9,60	4,00	2,40	9,60	
Klein- und Zusatzmaterial pauschal gesamt	1,00	25,00	25,00	1,00	25,00	25,00	
PCM [kg]	929,88	2,80	2.603,68	2.092,24	2,80	5.858,27	
PCM vorbehandeln und füllen [Stck]	1,00	200,00	200,00	1,00	400,00	400,00	
Kabelklemmen [Stck]	50,00	0,10	5,00	113	0,10	11,25	
Edelstahlblech 1mm Innenrohre [m²]	125,66	0,90	113,09	424,10	0,90	381,69	
Verteillerring LWS Rohre Zukauf [Stück]	1,00	8,00	8,00	1,00	12,00	12,00	
Thermoelement [Stck]	25	11,00	275,00	56	11,00	618,75	
Kabel [m]	55,00	0,60	33,00	123,75	0,60	74,25	2,20
Transporthacken Stanzen, biegen, anbauen [h]	0,30	30,00	9,00	0,30	30,00	9,00	
Zusammenbau Füße [h]	0,50	30,00	15,00	0,50	30,00	15,00	
Dichtheittest [h]	1,20	30,00	36,00	1,20	30,00	36,00	
Auflegen der Kupferrohre auf Rolle (GWT) [h]	1,60	30,00	48,00	1,70	30,00	51,00	
Schweißung Außenhülle [h]	1,60	30,00	48,00	1,70	30,00	51,00	
Kupfer Löten [h]	0,90	30,00	27,00	1,10	30,00	33,00	
Kabel verlegen, Fühlereinbau [h]	2,00	30,00	60,00	3,00	30,00	90,00	
Stanzzeit [h]	0,40	60,00	24,00	0,60	60,00	36,00	
Nachbearbeitung [h]	0,20	30,00	6,00	0,40	30,00	12,00	
Biegezeit Maschine [h]	0,90	40,00	36,00	1,10	40,00	44,00	
Nachbearbeitung [h]	0,30	30,00	9,00	0,40	30,00	12,00	
Zusammenbau Innenrohre [h]	1,50	30,00	45,00	2,50	30,00	75,00	
Zusammenbau Innenrohrträger [h]	2,50	30,00	75,00	3,50	30,00	105,00	
Zusammenbau Komplettierung LWS [h]	4,00	30,00	120,00	5,00	30,00	150,00	
Probennahme des PCM im Labor [h]	0,50	30,00	15,00	0,50	30,00	15,00	
Drehwalze [h]	0,20	40,00	8,00	0,30	40,00	12,00	
Zusammenbau Kondensatorteil [h]	2,00	30,00	60,00	2,00	30,00	60,00	
Materialeinzelkosten [€]			4.848,71			9.595,76	
Fertigungseinzelkosten [€]			641			806	
Summe Materialkosten + Zusammenbau [€]			5.490			10.402	

Einkosten der Produktionsfaktoren

Die in der obigen Tabelle angeführten Kosten sind jene Einzelkosten die dem Kostenträger direkt zugeordnet werden können. Material und Dienstleistung wurden farblich getrennt. Es zeichnet sich bereits das PCM als am meisten relevanter Kostentreiber in den Einzelkosten ab.

7.2.3 Fixe und variable Gemeinkosten, Sondereinzelkosten

Die nachstehend angeführten Fixkosten beinhalten die Personalkosten, erforderliche Betriebsmittel und entsprechende Instandhaltungskosten. Die AfA ist nicht enthalten.

Fixkosten	
Lager [€/Jahr]	60.000
Produktion [€/Jahr]	20.000
Verwaltung [€/Jahr]	120.000
Labor [€/Jahr]	8.000
Geschäftsleitung [€/Jahr]	90.000
Versand [€/Jahr]	15.000
Verkauf [€/Jahr]	140.000
Marketing [€/Jahr]	10.000
Kosten [€/Jahr]	463.000

Fixkosten

Im Kapitel „Mitbewerb und Substitutionsprodukte“ wurde festgestellt dass es keine Substitutionsprodukte für den LWS gibt. Es gibt jedoch mehrere alternative Konkurrenzprodukte. Der Erfolg der LWS wird somit voraussichtlich stark von einem leistungsfähigen Vertrieb abhängig sein. Es werden die Verkaufsprovisionen pro Einheit aus diesem Grund als Sondereinzelkosten definiert um bei den späteren Berechnungen z.B. durch Anreizsysteme im Verkauf darauf in der Kalkulation Rücksicht nehmen zu können.

Zusätzlich werden aufgrund der bisherig nicht so ergiebigen Patentrecherchen Kosten für eventuell erforderliche Patentrechte und Patentrechtsklagen als Sondereinzelkosten definiert. Dies soll eigentlich mehr als „variable Rückstellung“ für eventuell auftretende Patentrechtsklagen in den ersten Jahren dienen. Die Sondereinzelkosten werden somit wie folgt definiert.

Sondereinzelkosten			
D=1m D=1,5m			
Patentrechtsklagen-Rückstellung	100	100	€/Einheit produziert
Verkaufsprovisionen pro Einheit	50	50	€/Einheit abgesetzt

Sondereinzelkosten

Die Heizenergie und die Stromkosten sind als variable Gemeinkosten zu anzusehen.

Stromkosten und Heizenergie		
Verbrauch	Stromverbrauch	Heizenergieverbrauch
Produktion [kWh]	11.000	30.000
Lager [kWh]	1.500	8.000
Verwaltung [kWh]	2.500	6.000
Summe [kWh]	15.000	44.000
Grundpreis [€/kWh]	0,18	0,08
Kosten [€]	2.700	3.652

variable Gemeinkosten

7.2.4 Kostenstellen

Die Zuordnung der Kostenstellen wird wie meist auch üblich in der Verantwortung der Kosten aufgeteilt. Die Aufteilung nach Material, Fertigung, Verwaltung und Betrieb soll die spätere Übersicht über die Kostentreiber erleichtern. Eine weitere, tiefere Untergliederung der Kostentreiber soll später auch bei den Produktionsfaktoren in der vorangegangenen Tabelle getroffen werden. Zur Planung der Kostenstellenstruktur wurden folgende Annahmen getroffen.

Kostenstellen:	Bereich:
Lager	Material
Entwicklungsabteilung	Fertigung
Montage	Fertigung
Zusammenbau	Fertigung
Labor	Fertigung
Verwaltung	Verwaltung
Geschäftsleitung	Verwaltung
Versand	Vertrieb
Verkauf	Vertrieb
Marketing	Vertrieb

Kostenstellen

7.3 Zuschlagskalkulation

Bei der Zuschlagskalkulation müssen als Grundlage zur Berechnung des Verkaufspreises die Selbstkosten bekannt sein. Diese Methode zur Bestimmung des Verkaufspreises ist in betrachteten Fall der LWS jedoch eher sekundär da der Ansatz des erzielbaren Verkaufspreises in dessen Amortisation bzw. Amortisationszeit liegt. Ungeachtet dessen sollten die Selbstkosten immer bekannt sein um auf deren Basis die Zuschlagskalkulation durchführen zu können. Diese wird in den späteren Abschnitten bei der kurzfristigen Erfolgskalkulation je Ausbringungsmenge berücksichtigt.

7.3.1 Selbstkostenkalkulation

Die folgende Tabelle zeigt die Zusammenstellung der Selbstkosten.

	D=1m	D=1,5m	
Materialeinzelkosten [€]	4.849	9.596	
Materialgemeinkosten [€]	641	806	
Materialkosten [€]	5.490	10.402	
Fertigungseinzelkosten [€]	641	806	
variable Fertigungsgemeinkosten [€]	51	51	bezogen auf die geplante Ausbringungsmenge + Lagervorhaltung
SEK der Fertigung [€]	100	100	
Fertigungskosten [€]	792	957	
Herstellkosten [€]	6.282	11.359	Materialkosten + Fertigungskosten
Verwaltungskosten [€]	1.107	1.874	
Vertriebsgemeinkosten [€]	531	898	
Aliquotanteil [%]	37	63	
SEK des Vertriebs [€]	50	50	
variable Selbstkosten [€]	8.006	14.243	

Selbstkostenkalkulation

Die variablen Herstell-, Verwaltungs- und Vertriebskosten beziehen sich auf die geplante Ausbringungsmenge (die geplante Absatzmenge vorab ausschließlich für den österreichischen Markt). Zur Vereinfachung werden die Fixkosten auf die gesamte Ausbringungsmenge verteilt und dann, nach Aliquoten Anteil des Absatzes, auf die Einheit heruntergebrochen. Diese anteilige Aufteilung der Fixkosten soll für zukünftige „spieltheoretische“ Ansätze in der Kostenrechnung verwendet werden. Zudem ist in dieser Kalkulation die (kalkulatorischen) Abschreibungen für die Anlagenabnutzung noch nicht enthalten. Somit kann, rein auf Basis der angeführten Selbstkosten, noch kein theoretischer Verkaufspreis mit Aufschlag berechnet werden.

Es ist gleich ersichtlich dass bereits die Herstellkosten beim LWS mit 1,5m Durchmesser nur knapp unter dem Verkaufspreis liegen. Die Selbstkosten liegen bereits über dem am Markt als erzielbar angenommenen Verkaufspreis. Dies zeigt zwei Probleme auf: Die Fixkosten sind für die geplante Absatzmenge von 105 Stück viel zu hoch angesetzt und der „Kostentreiber PCM“ hat mit einem zu hohen Preis. Auf den extrem hohen Einfluss des PCM bei der Kostenkalkulation (als Kostentreiber) wird später noch genauer eingegangen.

7.3.2 Kurzfristige Erfolgsrechnung nach Gesamtkosten auf Vollkostenbasis

Um die obigen Thesen vereinfacht zu bestätigen wird folgend eine kurzfristige Erfolgsrechnung durchgeführt. Es werden der Vollständigkeit halber auch gleich weitere Kosten wie Abschreibung und Zinsen miteinbezogen und nach Typ anteilig aufgeschlüsselt.

	D=1m	D=1,5m	
Umsatzerlös [€]	390.000	792.000	
Bestandszunahmen [€]	244.979	749.666	fertige und unfertige Erzeugnisse
Bestandsabnahmen [€]	0	0	fertige und unfertige Erzeugnisse, kein Vor-Bestand
Fixkosten [€]	43.762	124.615	
Abschreibung [€]	8.357	14.143	AfA = kalkulatorische Abschreibung
zus. Kosten [€]	29.714	50.286	Zinsaufwand, weitere Kosten
Summe Kosten [€]	326.813	938.710	
Betriebserfolg / Typ [€]	63.187	-146.710	
Betriebserfolg gesamt [€]	-83.522		

Erfolgsrechnung nach Gesamtkosten

Zur Vereinfachung werden hier die Kosten der kalkulatorischen Abschreibung der AfA gleichgesetzt. Auf eine Berechnung der kalkulatorischen Abschreibungskosten wurde somit aufgrund des geringen Einflusses auf das Ergebnis verzichtet. Hier zeigt sich dass der LWS Typ „1m Durchmesser“ noch kostendeckend herstellbar wäre (bei den angenommenen Preisen für das PCM). Der LWS Typ „1,5m Durchmesser“ wäre beim angenommenen Verkaufspreis bereits deutlich in der Verlustzone. Eine genauere Betrachtung und Analyse dieser Werte ist unter Berücksichtigung der Kostentreiber möglich und folgt später.

7.3.3 Kurzfristige Erfolgsrechnung nach Umsatzkosten auf Vollkostenkostenbasis

Zum Vergleich und der Untermauerung wird die Berechnung auch noch nach dem Umsatzkostenverfahren durchgeführt. Die Aufschlüsselung wird einmal mit und einmal ohne Berücksichtigung der Fixkosten durchgeführt. Somit können Rückschlüsse auf deren Anteil am Betriebserfolg getroffen werden und deren Einfluss auf die geplante Absatzmenge ist tendenziell gut ersichtlich. Eine effektive Aussage auf das zu erwartende Betriebsergebnis ist in folgender Tabelle dadurch nicht möglich, diese Berechnung kann aber gut als Vergleich dienen.

	mit Berücksichtigung der Fixkosten	ohne Berücksichtigung der Fixkosten
Umsatzerlös [€]	1.182.000	1.182.000
volle Selbstkosten der abgesetzten Einheiten bei D=1m plus D=1,5m [€]	1.265.522	994.646
Betriebserfolg gesamt [€]	-83.522	187.354

Erfolgsrechnung, Umsatzkosten nach Vollkostenbasis

Dieser Vergleich zeigt nun dasselbe Bild wie vorhin. Einerseits sind die Fixkosten für die Absatzmenge zu hoch. Andererseits liegen Kostentreiber auch bei höheren Absatzmengen in den variablen Herstellkosten (schlussendlich am PCM). Ein positives Betriebsergebnis (bei 105 Stück Absatzmenge nur für Österreich) wird somit aufgrund der zu geringen Absatzmenge in Bezug auf den zu hohen Fixkosten verhindert.

7.3.4 Kurzfristige Erfolgsrechnung nach Umsatzkosten auf Teilkostenkostenbasis

In den vorangegangenen Feststellungen fehlte noch zur Verdeutlichung die Berechnung des Deckungsbeitrages, diese wird hier durchgeführt. Es wird natürlich

auch noch die AfA in die Kosten miteinbezogen. Dies führt zu einem veränderten Ergebnis als in der kurzfristigen Erfolgsrechnung im Vergleich zu den teilweise vorangegangenen Berechnungen.

	D=1m	D=1,5m
Umsatzerlös [€]	390.000	792.000
variable Selbstkosten der abgesetzten Einheiten bei D=1m plus D=1,5m [€]	221.930	699.770
Deckungsbeitrag [€]	168.070	92.230
Fixkosten [€]	326.813	938.710
Betriebserfolg / Typ [€]	-158.743	-846.480

Erfolgsrechnung, Umsatzkosten auf Teilkostenbasis

Die Betrachtung zeigt dass der Deckungsbeitrag zwischen den beiden LWS – Typen sehr unterschiedlich ausfällt. Am geringen Deckungsbeitrag ist auch sofort die zu geringe Absatzmenge in Bezug auf die Fixkosten ersichtlich.

7.3.5 Fazit der Kalkulationen

Die vorangegangenen Berechnungen untermauern die in der Selbstkostenkalkulation getroffenen Annahmen bezüglich dem sehr hohen Einfluss des PCM als relevanten Kostentreiber. Dies ist am hohen variablen Kostenanteil beim LWS „Typ 1,5m“ am besten ersichtlich. Zudem sind die Fixkosten für die Absatzmenge viel zu hoch. Was beim LWS „Typ 1,5m“ noch deutlicher ersichtlich ist. Da hier wie vorhin erwähnt bei der geringen Absatzmenge auch noch die variablen Kosten Additiv zu den Fixkosten noch zusätzlich ausschlaggebend sind. Eine separate Betrachtung mit einer höheren Absatzmenge soll im folgenden Kapitel den Break – Even Punkt in der kurzfristigen Erfolgskalkulation herausfinden.

7.4 Kurzfristige Erfolgskalkulation bei verschiedenen Absatzmengen

Bei unveränderter Kalkulationsbasis (Herstell- und Selbstkosten bleiben gleich) wird nun die Absatzmenge schrittweise erhöht. Es soll gezeigt werden ab welcher Absatzmenge sich welcher LWS – Typ in die Gewinnzone verschiebt.

Absatz [Stck]	500		1.000	
LWS Typ	D=1m	D=1,5m	D=1m	D=1,5m
Umsatzerlös [€]	5.000.000	6.000.000	10.000.000	12.000.000
variable Selbstkosten der abgesetzten Einheiten [€]	2.845.261	5.301.290	5.690.523	10.602.580
Deckungsbeitrag [€]	2.154.739	698.710	4.309.477	1.397.420
Fixkosten [€]	326.813	938.710	326.813	938.710
Betriebserfolg / Typ [€]	1.827.926	-240.000	3.982.665	458.710
Betriebserfolg gesamt [€]	1.587.926		4.441.375	

Absatz [Stck]	1.500		3.000	
LWS Typ	D=1m	D=1,5m	D=1m	D=1,5m
Umsatzerlös [€]	15.000.000	18.000.000	30.000.000	36.000.000
variable Selbstkosten der abgesetzten Einheiten [€]	8.535.784	15.903.871	17.071.568	31.807.741
Deckungsbeitrag [€]	6.464.216	2.096.129	12.928.432	4.192.259
Fixkosten [€]	326.813	938.710	326.813	938.710
Betriebserfolg / Typ [€]	6.137.404	1.157.420	12.601.620	3.253.549
Betriebserfolg gesamt [€]	7.294.823		15.855.169	

Absatz [Stck]	5.000		10.000	
LWS Typ	D=1m	D=1,5m	D=1m	D=1,5m
Umsatzerlös [€]	50.000.000	60.000.000	100.000.000	120.000.000
variable Selbstkosten der abgesetzten Einheiten [€]	28.452.613	53.012.902	56.905.225	106.025.805
Deckungsbeitrag [€]	21.547.387	6.987.098	43.094.775	13.974.195
Fixkosten [€]	326.813	938.710	326.813	938.710
Betriebserfolg / Typ [€]	21.220.575	6.048.388	42.767.962	13.035.486
Betriebserfolg gesamt [€]	27.268.963		55.803.448	

Absatzmengen - Break-Even Analyse

Das Ergebnis zeigt zwar dass ab einer Absatzmenge von 500 Einheiten der Break - Even erreicht werden könnte. Ein solches Produktportfolio wäre jedoch nicht sehr sinnvoll da der LWS mit 1,5m Durchmesser noch in der Verlustzone wäre. Er würde also vom „Typ 1m“ quersubventioniert. Dies ist natürlich auch für zukünftige Belange nicht sinnvoll und kann so nicht umgesetzt werden. Der Deckungsbeitrag des „Typ 1,5m“ ist einfach zu gering.

Gut ersichtlich ist der gute Deckungsbeitrag des LWS „Typ 1m“. Eine Produktion mit den gegebenen Voraussetzungen wäre profitabel. Insgesamt zeigt sich dass die variablen Kosten ab einer Absatzmenge von ca. 1.000 Einheiten nicht gesenkt werden müssten um profitabel zu sein (nur Betrachtung des „Typ 1m“). Ideal wäre natürlich eine Kostensenkung in den variablen Kosten um auch den „Typ 1,5m“ profitabel zu gestalten. Dies würde natürlich als Folge auch zu einem höheren Ertrag führen. Aufgrund der Beschränkung des möglichen Verkaufspreises bei ca. €12.000 ist die Senkung der variablen Kosten eine mögliche Alternative. Es verbleiben als Optimierungsmöglichkeit also die Erhöhung der Absatzmenge und die Senkung der variablen und fixen Kosten.

7.5 Plankalkulation

Diese bildete die Basis für die vorangegangenen Berechnungen und dient generell zur Feststellung der Planmengen. Um auf diesen aufbauend später ein Beschaffungsbudget erstellen zu können. Weiters kann, aufgrund der ermittelten Verkaufspreise nach der theoretischen Amortisationsrechnung, die Plankalkulation durchgeführt werden um einen Vergleich zwischen Target Costing und Vollkostenrechnung mit Zuschlagskalkulation zu ermöglichen. Die Absatzmenge wird mit dem in Punkt „Berechnung des Marktvolumens“ angenommenen 105 Einheiten pro Jahr gesamt für Österreich bestimmt. Da es sich im betrachteten Fall um ein Startup – Unternehmen handelt wird der Anfangsbestand auf null gesetzt. Es wird ein Endbestand von plus 10 Einheiten mit „Typ D=1m“ und „Typ D=1,5m“ geplant. Dieser wird aufgrund der geringen vorauszusehenden Bautätigkeit zum Jahreswechsel im Heizungsbereich eher niedrig angesetzt. Folgend werden die variablen Kosten (Material, Fertigung, SEK) pro Einheit aufgelistet.

Plankalkulation		
	D=1m	D=1,5m
Materialeinzelkosten [€]	4.849	9.596
Fertigungseinzelkosten [€]	641	806
Variable Fertigungsgemeinkosten [€]	51	51
Sondereinzelkosten Fertigung [€]	100	100
Variable Herstellkosten [€]	5.641	10.553
Sondereinzelkosten Vertrieb [€]	50	50
Variable Selbstkosten [€]	5.691	10.603

Plankalkulation pro Einheit

Um auf Basis der Kosten je Einheit eine Budgetierung zu erstellen müssen die Planmengen bekannt sein. Diese ergeben sich wie üblich aus der Absatzmenge abzüglich dem Anfangsbestand und zuzüglich des Endbestandes. Weiters ist der Absatz mit den 105 Einheiten sehr gering angenommen. Dies soll aber nur als Basis für spätere Kalkulationen (Grenzkosten usw.) dienen. Eine Veränderung der Absatzmenge ist in den entsprechenden Kalkulationen im Excel dann leicht möglich. Mögliche Engpässe und entsprechende Anpassungen werden momentan nicht beachtet. Sinnvollerweise sollte vorher das Marktpotenzial des gesamten zentraleuropäischen Raumes berechnet werden um eine bessere Aussage über die mögliche Absatzmenge treffen zu können. Da es im Falle eines Markteintritts auch sinnvoll wäre andere Länder wie Österreich, Deutschland, Schweiz, Frankreich, Italien, usw. in das zu planende Umsatzbudget mit einzubeziehen. Mehr dazu im Kapitel „Absatzmärkte und Absatzmöglichkeiten“.

Folgend die Übersicht der Planmengen.

	D=1m	D=1,5m	Summe
geplante Absatzmenge [Einheit]	39	66	105
Verkaufspreis [€/Einheit]	10.000	12.000	
Umsatzerlös [€]	390.000	792.000	1.182.000
zuzüglich Plan-Endbestand [Stck]	10	10	20
abzüglich Plan-Anfangsbestand [Stck]	0	0	0
geplante Produktionsmenge [Stck]	49	76	125

Planmengen

7.5.1 Beschaffungsbudget

Aus den vorher angeführten Plandaten pro Einheit resultiert die Planmenge. Diese ergibt mit den Stückkosten das erforderlich, variable Beschaffungsbudget. Es wird mit einem Endbestand von 49 Einheiten „Typ D=1m“ und 76 Einheiten „Typ D=1,5m“ geplant. Die Planmengen beinhalten also nicht das zusätzlich mögliche Marktpotenzial der restlichen europäischen Länder.

Das nachstehend angeführte Budget gilt für die Planperiode von einem Jahr (Wirtschaftsjahr) und beinhaltet alle variablen Beschaffungsaktivitäten bezogen auf das Produkt. Es soll gleichzeitig die Sollvorgabe für eine später mögliche Soll/Ist – Kalkulation (Abweichungsanalyse) darstellen. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse können dann als Grundlage für weitere Anpassungen in der Beschaffung dienen. Weiters basieren die angeführten Planpreise auf den geplanten Volumina der einzelnen Kosten. Sollte später eine Anpassung in der Absatzmenge gemacht werden muss korrekterweise auch eine Anpassung in den Beschaffungskosten gemacht werden um den, hoffentlich fallenden Stückkosten gerecht zu werden. Dies gilt vor allem beim PCM als Grundmaterial und Kostentreiber. Zusätzlich können die Planmengen- und somit Kosten dann auch für den Liquiditätsplan herangezogen werden. Die Basis für die folgende Tabelle ist die Stückkostenkalkulation.

Jahres-Produktionsmenge											
Plan-Endbestand		Kosten Produktionsmenge					Kosten Plan-Endbestand				
				Kosten	Kosten D=1m	Plan-Anfangs-	Plan-Endbestand	Plan-Endbestand	Plan-Endbestand		
D=1m	D=1,5m	D=1m	D=1,5m	D=1m [€]	[€]	bestand D=1m, D=1,5m [Stck]	D=1m, D=1,5m [Eht]	D=1m [€]	D=1,5m [€]		
49	76	39	66,00	14.944	40.017	-	205,37	20.653,94	50.688		
49	76	39	66,00	62	106	-	8,80	86,24	134		
49	76	39	66,00	325	550	-	13,20	449,53	697		
49	76	39	66,00	780	2.640	-	2,20	1.078,00	3.344		
49	76	39	66,00	124	210	-	1,54	171,67	266		
49	76	39	66,00	4.631	13.481	-	374,00	6.400,63	17.075		
49	76	39	66,00	770	2.931	-	5,62	1.063,88	3.713		
49	76	39	66,00	28	48	-	17,60	38,81	60		
49	76	39	66,00	9	16	-	4,40	12,94	20		
49	76	39	66,00	33	55	-	13,20	45,28	70		
49	76	39	66,00	140	238	-	6,60	194,04	301		
49	76	39	66,00	140	238	-	4,40	194,04	301		
49	76	39	66,00	152	257	-	4,40	210,21	326		
49	76	39	66,00	183	310	-	4,40	253,33	393		
49	76	39	66,00	931	2.364	-	17,28	1.286,88	2.994		
49	76	39	66,00	233	3.713	-	36,02	321,72	4.703		
49	76	39	66,00	25	42	-	1,76	34,50	54		
49	76	39	66,00	359	607	-	4,40	495,88	769		
49	76	39	66,00	2.068	5.250	-	17,28	2.858,24	6.650		
49	76	39	66,00	152	323	-	2,20	210,21	410		
49	76	39	66,00	1.960	5.474	-	22,89	2.709,23	6.933		
49	76	39	66,00	429	726	-	2,20	592,90	920		
49	76	39	66,00	84	143	-	1,98	116,42	181		
49	76	39	66,00	889	1.505	-	4,40	1.228,92	1.906		
49	76	39	66,00	491	832	-	4,40	679,14	1.053		
49	76	39	66,00	437	739	-	17,60	603,68	936		
49	76	39	66,00	468	1.320	-	44,00	646,80	1.672		
49	76	39	66,00	43	73	-	2,20	59,29	92		
49	76	39	66,00	98	165	-	2,20	134,75	209		
49	76	39	66,00	1	1	-	0,04	1,02	2		
49	76	39	66,00	1	2	-	0,07	1,54	2		
49	76	39	66,00	15	77	-	0,09	21,02	98		
49	76	39	66,00	878	3.341	-	89,38	1.212,75	4.232		
49	76	39	66,00	2.239	8.408	-	145,20	3.093,86	10.651		
49	76	39	66,00	162	275	-	3,52	224,22	348		
49	76	39	66,00	4.758	9.768	-	2,20	6.575,80	12.373		
49	76	39	66,00	452	766	-	8,80	625,24	970		
49	76	39	66,00	2.106	3.564	-	2,20	2.910,60	4.514		
49	76	39	66,00	2.106	3.564	-	4,40	2.910,60	4.514		
49	76	39	66,00	530	898	-	8,80	733,04	1.137		
49	76	39	66,00	2.262	3.828	-	4,40	3.126,20	4.849		
49	76	39	66,00	8.970	15.180	-	2,20	12.397,00	19.228		
49	76	39	66,00	5.460	10.560	-	2,20	7.546,00	13.376		
49	76	39	66,00	546	924	-	11,00	754,60	1.170		
49	76	39	66,00	374	634	-	8,80	517,44	803		
49	76	39	66,00	975	1.650	-	2,20	1.347,50	2.090		
49	76	39	66,00	101.543	386.646	-	3.324,34	140.338,09	489.751		
49	76	39	66,00	7.800	26.400	-	2,20	10.780,00	33.440		
49	76	39	66,00	195	743	-	178,75	269,50	941		
49	76	39	66,00	4.411	25.192	-	604,74	6.095,77	31.909		
49	76	39	66,00	312	792	-	2,20	431,20	1.003		
49	76	39	66,00	10.725	40.838	-	89,38	14.822,50	51.728		
49	76	39	66,00	1.287	4.901	-	196,63	1.778,70	6.207		
49	76	39	66,00	351	594	-	0,66	485,10	752		
49	76	39	66,00	585	990	-	1,10	808,50	1.254		
49	76	39	66,00	1.404	2.376	-	2,64	1.940,40	3.010		
49	76	39	66,00	1.872	3.366	-	3,63	2.587,20	4.264		
49	76	39	66,00	1.872	3.366	-	3,63	2.587,20	4.264		
49	76	39	66,00	1.053	2.178	-	2,20	1.455,30	2.759		
49	76	39	66,00	2.340	5.940	-	5,50	3.234,00	7.524		
49	76	39	66,00	936	2.376	-	1,10	1.293,60	3.010		
49	76	39	66,00	234	792	-	0,66	323,40	1.003		
49	76	39	66,00	1.404	2.904	-	2,20	1.940,40	3.678		
49	76	39	66,00	351	792	-	0,77	485,10	1.003		
49	76	39	66,00	1.755	4.950	-	4,40	2.425,50	6.270		
49	76	39	66,00	2.925	6.930	-	6,60	4.042,50	8.778		
49	76	39	66,00	4.680	9.900	-	9,90	6.468,00	12.540		
49	76	39	66,00	585	990	-	1,10	808,50	1.254		
49	76	39	66,00	312	792	-	0,55	431,20	1.003		
49	76	39	66,00	2.340	3.960	-	4,40	3.234,00	5.016		
var. Beschaffungskosten [€]				214.099	686.516	var. Plan-Beschaffungskosten [€]				295.895	869.588
Summe var. Beschaffungskosten [€]					900.615	Summe var. Plan-Beschaffungskosten [€]					1.165.483

Nachfolgend die Berechnung mit Berücksichtigung der Fixkosten der Kostenstellen und der AfA.

Kostenstelle	Fixkosten	AfA	Summe
Lager €/Jahr	60.000	1.000	61.000
Produktion €/Jahr	20.000	15.000	35.000
Verwaltung €/Jahr	120.000	1.500	121.500
Labor €/Jahr	8.000	1.000	9.000
Geschäftsleitung €/Jahr	90.000	1.000	91.000
Versand €/Jahr	15.000	1.000	16.000
Verkauf €/Jahr	140.000	1.500	141.500
Marketing €/Jahr	10.000	500	10.500
Kosten [€]	463.000	22.500	485.500

AfA der Kostenstellen

7.5.2 Abschreibung, Investitionen, Tilgung und Finanzierung

Die Abschreibungsmethode ist linear und 10% vom Anschaffungswert. Da es sich beim betrachteten Fall um ein Startup – Unternehmen handelt wird der Anschaffungswert gleich dem Buchwert angenommen. Es werden somit im Betrachtungszeitraum des ersten Jahres auch keine Investitionen geplant. Weiters werden die eingereichten eigenen Patente mit € 400.000 zu Beginn eher niedrig bewertet. Diese Patente beinhalten den Herstellungsprozess sowie die Zusammensetzung der verwendeten Materialien. *Laut Kalkulationsvorlage werden folgende weitere Annahmen getroffen* (Sinngemäß nach Stelling, 2010) Fallstudie zur Unternehmensplanung [40]: Die Nutzungsdauer wird vereinfacht mit 10 Jahren bestimmt. Die Buchwerte des Anlagevermögens dienen der späteren Ermittlung der Bilanzwerte. Das nicht abnutzbare Anlagevermögen wird nicht abgeschrieben.

	Anschaffungswert [€/Jahr]	Buchwert am 1.1 [€]
Lager	10.000	10.000
Produktion	150.000	150.000
Verwaltung	15.000	15.000
Labor	10.000	10.000
Geschäftsleitung	10.000	10.000
Versand	10.000	10.000
Verkauf	15.000	15.000
Marketing	5.000	5.000
Summe [€]	225.000	225.000

Abnutzbares Anlagevermögen

Nicht abnutzbares Anlagevermögen	
Art	Buchwert am 1.1
Grundstücke und Gebäude [€]	180.000
Immaterielles Anlagevermögen (Patente, Lizenzen) [€]	400.000
Finanzanlagen [€]	0

Nicht abnutzbares Anlagevermögen

Das Endfällige Darlehen spiegelt den Kredit des Startup – Unternehmens wieder. Es soll hier aber nur vereinfachend dargestellt sein. Später ist dafür ein separater Businessplan zu erarbeiten.

Endfälliges Bankdarlehen

Art	Buchwert am 1.1
Endfälliges Bankdarlehen mit einer Laufzeit von 10 Jahren [€]	1.000.000
Fremdkapitalzinssatz [%]	8

Fremdkapital

Wie eingangs erwähnt werden im Betrachtungszeitraum des ersten Jahres keine Investitionen außerhalb des Businessplanes (der kalkulierten Startup – Investitionen) getätigt.

Investitionen [€]	0	
Zinsplan [€]	80.000	8% auf das Bankdarlehen
Tilgungsplan [€]	130.000	5% Abbau ab dem zweiten Jahr effektiv (zuzügl. Zinsen)
Rückstellungen [€]	0	Statisch im ersten Jahr nicht eingeplant, variabel in den variablen Kosten enthalten

Investitionsbudget

7.5.3 Plan – Gewinn- und Verlustrechnung

Diese kann auf Basis der vorangegangenen Berechnungen durchgeführt werden. Es soll damit gezeigt werden ob eine LWS – Produktion, zumindest mit den Eingangs beschriebenen theoretischen Annahmen, überhaupt erfolgreich sein könnte oder nicht. Da die Steuern nur Ertrags- und keine betriebserfolgswirksame Auswirkungen haben werden diese an dieser Stelle nicht ausgewiesen. Gewinnrücklagen können in den ersten Jahren im angeführten Produktmix nicht erwirtschaftet und deshalb auch nicht ausgewiesen werden. Somit wird die Plan – GuV auch nicht bis ins letzte Detail genau ausgeführt, sie soll vielmehr als Anhaltspunkt dienen.

	D=1m	D=1,5m
Absatzmenge [Stck]	39	66
Umsatzerlöse [€]	390.000	792.000
+ Lagerzugänge [€]	80.065	142.431
- Lagerabgänge [€]	-	-
= Gesamtleistung je Typ [€]	470.104	934.497
= Gesamtleistung [€]	1.404.601	
- Fertigungseinzelkosten [€]	276.386	801.996
+/- separat ausgew. Fremdleistungen [€]	-	-
- variable Fertigungsgemeinkosten [€]	2.490	3.862
- Sondereinzelkosten der Fertigung [€]	4.900	7.600
- Sondereinzelkosten des Vertriebs [€]	2.450	3.800
= Deckungsbeitrag 1 je Typ [€]	183.878	117.239
= Deckungsbeitrag 1 [€]	301.118	
- Marketing und Verkauf [€]	55.714	94.286
= Deckungsbeitrag 2 je Typ [€]	128.164	22.954
= Deckungsbeitrag 2 [€]	151.118	
- Fixkosten [€]	116.257	196.743
= EBITDA je Typ [€]	11.907	-173.789
= EBITDA [€]	-161.882	
- Abschreibungen [€]	8.357	14.143
= EBIT je Typ [€]	3.550	-187.932
= EBIT [€]	-184.382	
- Zinsaufwendungen je Typ [€]	29.714	50.286
- Zinsaufwendungen [€]	- 26.165	-238.218
= Betriebsergebnis [€]	-264.382	

Plan GuV

Obige Plan – GuV zeigt dasselbe Bild wie es sich bereits im vorangegangenen kurzfristige Erfolgskalkulationen abgezeichnet hat. Der „Typ 1m“ wäre wirtschaftlich rentabel zu erzeugen, der „Typ 1,5m“ ist unwirtschaftlich. Das positive Ergebnis des „Typ 1m“ vermag aber nicht das negative Ergebnis des „Typ 1,5m“ zu stützen. Dies wäre auf Dauer auch nicht sinnvoll da natürlich ein unrentables Produkt immer aus der Serie genommen werden muss. Auch wenn es kurzfristig eventuell aus „Marketing – technischen“ Überlegungen sinnvoll sein könnte. Doch dies ist hier auch nicht der Fall.

Auf eine weitere Untergliederung der Einzelposten wurde bewusst verzichtet da die obige Tabelle ein eindeutiges Bild zeigt. Die Gewinn- und Verlustrechnung und die kurzfristigen Erfolgsrechnungen zeigen alle dasselbe Bild: Die Rentabilität der Produktion ist stark von der Absatzmenge und den variablen Kostentreibern abhängig. Die Absatzmenge könnte durch Erweiterung auf weitere Märkte eventuell noch recht einfach erhöht werden. Die Verringerung der Fixkosten wird in den kommenden Kapiteln behandelt. Es lohnt somit ein genauerer Blick auf die Kostentreiber in den variablen Kosten.

7.6 Analyse der Kostentreiber

Aus den vorangegangenen Kapiteln ist bekannt dass sich die Kostentreiber in zwei Gruppen aufteilen. Einerseits sind bei der betrachteten, zu geringen Absatzmenge die Fixkosten viel zu hoch als um mit dem möglichen Deckungsbeitrag gedeckt zu werden. Andererseits sind auch in den variablen Kosten relevante Kostentreiber beinhaltet. Es gilt nun diese herauszufinden und gegebenenfalls wenn möglich entgegenzuwirken.

7.6.1 Kostentreiber in den Fixkosten

Es wird hier nicht mehr auf die Details in der Absatzmenge und den entsprechenden Break – Even Punkt eingegangen. Das Kapitel „Kurzfristige Erfolgskalkulation bei verschiedenen Absatzmengen“ hat gezeigt dass ab einer Absatzmenge von ca. 500 Einheiten der Deckungsbeitrag ausreichend ist um die Fixkosten zu decken. Dies ohne die notwendige Differenzierung auf den LWS – Typ („D=1m“ oder „D=1,5m“). Dies wird später in der Analyse der variablen Kosten durchgeführt. Aus diesen Schlüssen können zwei mögliche „Optimierungsrichtungen“ herausgefiltert werden:

- Optimierung der Fixkosten allgemein
- Anpassung der Fixkosten an die Absatzmenge

Ansätze bei der Optimierung der Fixkosten allgemein:

Hier könnten Mechanismen wie z.B. die „Gemeinwertkostenanalyse“ oder das „Zero – Based – Budgeting“ angewandt werden (Vgl. Stelling, 2009) Seiten 249-252 [41]. Ein genaueres Eingehen auf diese Optimierungsmöglichkeiten wird an dieser Stelle aber nicht durchgeführt da es nicht zielführend wäre und auch den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde.

Ansätze bei der Anpassung der Fixkosten an die Absatzmenge:

Die Fixkosten in den vorangegangenen Kalkulationen sind bewusst eher hoch angesetzt. Dies soll das Ziel eines Startup – Unternehmens mit einer größeren Absatzmenge widerspiegeln. Da es sinnvoll wäre eine Marktforschung in anderen europäischen Ländern zu betreiben um auch diese Märkte zu erschließen. Es ist natürlich denkbar nur den österreichischen Markt zu bedienen. Dies könnte sich vor allem zu Beginn in den ersten Jahren auch so einstellen. Auch aus diesem Grund wurden die Fixkosten eher hoch angenommen um gleich zu sehen wie unrentabel

diese Unternehmung dann in den ersten Jahren wäre und wie lange es dauern würde um wieder in die Gewinnzone zu gelangen.

Will man die Fixkosten senken, wäre ein möglicher Schritt z.B. die Lohnfertigung bei einem externen Hersteller in den Anfangsjahren. Dies würde die Investitionskosten zu Beginn deutlich senken und es wäre wahrscheinlich sogar eine wirtschaftliche Produktion von Beginn an möglich, auch mit der geringen initialen Absatzmenge von nur ca. 105 Stück. Sollte die Absatzmenge nach den ersten Jahren so deutlich ansteigen um die „500 Einheiten Hürde“ zu überwinden könnte die Produktion, wie in dieser Arbeit angenommen, in einem eigenen Unternehmen durchgeführt werden. Die Gefahr hierbei wäre aber die Herausgabe des Know – How der Herstellung und der entsprechenden Herstellungsprozesse. Denn sollte die Produktion nach ein paar Jahren eigenständig durchgeführt werden, würde die Gefahr billiger Substitutionsprodukte die den Preis drücken könnten start ansteigen. Vor allem in Anbetracht der angepeilten Abschöpfstrategie zu Beginn des Produktzyklus könnte dies ein Problem darstellen.

7.6.2 Kostentreiber in den variablen Kosten

Zuerst muss festgestellt werden wo sich die relevanten Größen in den variablen Kosten befinden. Aus dem Kapitel „Selbstkostenkalkulation“ ist ersichtlich dass die Kostentreiber nicht in den Fertigungs- sondern in den Herstellkosten befinden (siehe auch in der Tabelle „Selbstkostenkalkulation“). Diese liegen mit deutlich unter 5% anteilig an den Selbstkosten sehr niedrig, geltend für beide LWS – Typen. Auch die anteiligen Fertigungsgemeinkosten sind vernachlässigbar gering. Es lohnt sich also ein genauerer Blick auf die Details in den Herstellkosten. Zur Übersicht sind hier die deutlichsten Kostentreiber >1%, anteilig pro Position in ansteigender Reihenfolge angeführt. Die gesamten Herstellkosten sind im Kapitel „Beschaffungsbudget“, Tabelle „Plan - Herstell- und Fertigungskosten“ detailliert aufgeschlüsselt.

Die nachstehende Tabelle zeigt auch dass die anteilige Verteilung der variablen Kosten bei beiden Typen nahezu linear gleich ausfällt. Die Differenz ist trotz den eher hoch angesetzten Fixkosten mit 88% zu 92% recht gering, wieder anteilig gerechnet an den vollen Selbstkosten des LWS.

	Material Speicher D=1m	Stück- kosten [€]	Gesamt- kosten [€]	Kostenanteil [%]
Edelstahlstab 5mm LWS Halterung [m]	41,00	1,40	57,40	1,05
Ventilantrieb Kondensator [Stück]	2,00	29,00	58,00	1,06
Kabel verlegen, Fühlereinsatz [h]	2,00	30,00	60,00	1,09
Zusammenbau Kondensatorteil [h]	2,00	30,00	60,00	1,09
Zusammenbau Innenrohrträger [h]	2,50	30,00	75,00	1,37
Edelstahlblech 1mm Innenrohre [m²]	125,66	0,90	113,09	2,06
Nieten [Stück]	125,00	0,95	118,75	2,16
Zusammenbau Komplettierung LWS [h]	4,00	30,00	120,00	2,19
Kondensator [Stück]	1,00	122,00	122,00	2,22
Kondensator/Verdampfeinheit - Behälter [Stück]	1,00	140,00	140,00	2,55
PCM vorbehandeln und füllen [Stück]	1,00	200,00	200,00	3,64
Regelung [Stück]	1,00	230,00	230,00	4,19
Thermoelement [Stück]	25,00	11,00	275,00	5,01
Kupferrohr 18mm [m]	72,30	5,30	383,19	6,98
PCM [kg]	929,88	2,80	2.603,68	47,43

Kostentreiber der variablen Kosten Typ 1m

	Material Speicher D=1,5m	Stück- kosten [€]	Gesamt- kosten [€]	Kostenanteil [%]
Zusammenbau Innenrohrträger [h]	3,50	30,00	105,00	1,01
Edelstahlstab 5mm LWS Halterung [m]	91,00	1,40	127,40	1,22
Kondensator [Stück]	1,00	148,00	148,00	1,42
Zusammenbau Komplettierung LWS [h]	5,00	30,00	150,00	1,44
Kondensator/Verdampfeinheit - Behälter [Stück]	1,00	160,00	160,00	1,54
Nieten [Stück]	215,00	0,95	204,25	1,96
Regelung [Stück]	1,00	230,00	230,00	2,21
Edelstahlblech 1mm Innenrohre [m²]	424,10	0,90	381,69	3,67
PCM vorbehandeln und füllen [Stück]	1,00	400,00	400,00	3,85
Kupferrohr 18mm [m]	114,40	5,30	606,32	5,83
Thermoelement [Stück]	56,25	11,00	618,75	5,95
PCM [kg]	2.092,24	2,80	5.858,27	56,32

Kostentreiber der variablen Kosten Typ 1,5m

Es ist sofort ersichtlich dass das PCM der am meisten relevante Kostentreiber ist. Vor allem der Abstand zu den restlichen Kostenfaktoren ist sehr deutlich. In Bezug auf die restlichen Kostenanteile ist also das PCM die eindeutig ausschlaggebende Größe. Die verbleibenden Einflussfaktoren sind im Vergleich zum PCM so „unbedeutend“ niedrig dass der Fokus der Kostensenkung vorrangig beim PCM liegt. Zusätzlich zeigt der Kostenanteil des PCM beim „Typ D=1,5m“ mit einem Wert von ca. 56% im Gegensatz zu den ca. 47% beim „Typ 1m“ dass, je größer der Speicher wird, dieser Faktor auch mit ansteigt. Es besteht somit ein Zielkonflikt zwischen Herstellkosten und Erhöhung des Deckungsgrades der Wärmeversorgung durch den LWS. Es gilt, je mehr Deckungsgrad desto mehr PCM ist erforderlich und je höher die Kosten. Dies wird vor allem für zukünftige kalkulatorische Optimierungsprozesse in der LWS – Produktion ausschlaggebend sein, sollte der LWS die theoretisch angenommenen Werte erreichen.

Die Analyse der Kostentreiber zeigt auch dass der Anteil der Kupferrohre an den gesamten variablen Herstellkosten so gering ist als dass dieser, in dieser Konstellation nicht beachtet werden muss. Dies kann für einen eventuellen Einsatz des LWS mit hohen Lade- und Entladeleistungen relevant sein. Denn in einem solchen Anwendungsfall müsste eine große Wärmeübergangsfläche zwischen PCM und Wärmeträger geschaffen werden. Was als Folge die Verwendung von mehreren Kupferrohren und Edelstahlkomponenten bedeuten würde. Aufgrund der vorangegangenen Erkenntnisse lohnt sich ein genauerer Blick auf PCM und dessen Beschaffungspolitik.

7.7 PCM - Beschaffungspolitik

Die verschiedenen PCM wurden bereits in der vorangegangenen Forschungs- und Entwicklungsarbeit ausführlich beschrieben und auf deren Ziel – Einsatzzweck hin untersucht. Je nach Einsatzzweck sind verschiedene PCM in verschiedenen Materialkombinationen denkbar. Bei der Wahl des PCM müssen folgende, grundsätzliche Fragen vorab geklärt werden.

- Welche Speicherkapazität bietet das Material?
- Wie lässt es sich verarbeiten?
- Welche Materialkombinationen sind möglich?
- Ist es verträglich mit der Edelstahlmhüllung?
- Für welchen Einsatzzweck ist es ideal?
- In welchen Mengen ist es in adäquatem Zeitrahmen verfügbar?
- Ist es ökologisch unbedenklich?
 - Wenn nicht, welche Genehmigungen sind dafür erforderlich?

An dieser Stelle soll der rein wirtschaftliche Aspekt der PCM behandelt werden. Grundsätzlich wären hier die Kosten in Relation zu dessen Wärmespeicherkapazität und Wärmeübergang zu behandeln. Die Auswahl des richtigen Materials ist ein sehr komplexes Thema. Bemerkenswert ist dass im momentanen Entwicklungsstand eben nicht der Preis sondern vielmehr dessen technische und praktische Umsetzbarkeit der ausschlaggebende Faktor ist. Denn die Verwendung verschiedener Materialkombinationen in unterschiedlichen Mischungsverhältnissen hat großen Einfluss auf dessen Leistungsfähigkeit und folglich natürlich auch den

Preis. Als Anhaltspunkt wurden folgende Preise für verschiedene Materialien und verschiedene Einsatzzwecke vom Institut für Wärmetechnik in Graz recherchiert:

Produktname	Zusammensetzung	Firma	Website	Preis, €/kg
RT58, RT65, PX52, GR41, FB80	RT: Raffination von erdöl-basierenden Paraffinen PX: Paraffin/Silikat- Compound GR: Paraffin/Kieselerde- Compound FB: Paraffin/Holz	Rubitherm GmbH, Hamburg, D	www.rubitherm.de	RT: 2,9 PX: 4,2 GR: 2,1 FB: 11,9 (pro Platte)
Sasol C80 Sasol M3E Sasol 6805 Sasol 4110	Erdöl-basierende Paraffine und Fischer-Tropsch Paraffine	Sasol Wax GmbH, Hamburg, D	www.sasolwax.com	1,2 bis 1,5
Total 60/62 Total 68/70	Fischer-Tropsch Paraffine	TotalFina Elf GmbH, Düsseld., D	www.total.de	2,3 2,5

Niedermolekulare organische Materialien (Paraffine)

Produktname	Zusammensetzung	Firma	Website	Preis €/kg
Bareco BW 3250 Polywax 400 Vybar 103	Poly(α -olefine)-Copolymere und Blends	Baker Hughes, Paris, F	www.bakerhughes.com	6,5 4,0 5,5
Elite 5400 Affinity EG 8200 KC8852 DPT1450.01	LLDPE VLDPE lineares PE-LD Wachs VLDPE	Dow AG, Horgen, CH	www.dow.com	1,6 2,3 2,5 -
FG5190 FT3200	lineares PE-LD	Borealis GmbH, Linz, A	www.borealis-group.com	1,0
EVA 15295 EVA A9918	Ethylenvinylacetat- Copolymer mit Vernetzungsmittel, 33 Gew.% VA	Specialized Technology Resources Inc., Enfield, USA	www.strlab.com	2,0
Greenflex FD 20	Ethylenvinylacetat (FD20 - 5 Gew.% VA)	Polimeri Europa GmbH, Oberhausen, D	www.polimeri-europa.it	2,0
PEOX4000 PEOX6000 PEOX8000	Polyethylenoxid Molmasse: 4, 6 bzw. 8 Mio. g/mol	Alfa Aesar GmbH, Wien, A	www.alfa-chemcat.com	39,7 156,2 46,5

Hochmolekulare organische Materialien

„LLDPE“ steht für „Linear Low Density Polyethylene“

„VLDPE“ steht für „Very Low Density Polyethylene“

Produktname	Zusammensetzung	Firma	Website	Preis €/kg
Graphit 0690	90Gew.% Graphit; Dicke: 0,6 µm	Graphitbergbau Kaisersberg, A	www.strlab.com	1,8
Graphit 0899,5	99,5Gew.% Graphit; Dicke: 0,8 µm			2,2
Graphit MX200	Nanographit.			10
Carbon-Nanotubes	-	Univ. of Houston, USA	www.uh.edu	-
MnCl ₂	98% MnCl ₂ - Perlkörner	Sigma-Aldrich, Wien, A	www.sigmaaldrich.com	45

Additive zu den vorhin angeführten Materialien

(Quelle der obigen Materialpreisübersichten: Institut für Wärmetechnik, 2010) aus dem Endbericht zum Projekt „IEA-SHC Task 32“ [44].

Es wurden als Kalkulationsgrundlage in dieser Arbeit die Materialien „Paraffin Sasol 6850“ und „80% RT58 mit 20% EVA 15295“ angenommen. Diese Annahme wurde aufgrund der chemischen Eigenschaften, des möglichen Temperaturbereiches und der Vorteile in dessen Verarbeitung getroffen. Je nach Einsatzzweck kann natürlich auch auf andere Materialien zurückgegriffen werden die teilweise auch deutlich günstiger zu bekommen sind. Was natürlich als Folge einen großen Einfluss auf den Betriebserfolg der LWS – Produktion hätte. Diese Materialien wurden in verschiedenen Projekten auch bereits theoretisch in Betracht gezogen.

Beispielsweise wurden im EU – Projekt „PAMELA“ sowie auch im „IEA-SHC Task 32“ diese Materialien behandelt: *„Bezüglich der Wirtschaftlichkeit der Wärmespeicherung mit PCM`s müssen noch Untersuchungen angestellt werden. Dabei spielen insbesondere auch die Kosten der PCM – Materialien eine entscheidende Rolle. Sodium Aceatat Trihydrat, das aufgrund seiner hohen Speicherkapazität für den Großteil der Untersuchungen verwendet wurde, wird als fertiges PCM inkl. den Keimbildnern um einen Preis von 3-4 €/kg angeboten. Das Material ohne Keimbildner ist allerdings bereits um 0,5 und 1 €/kg erhältlich. Da nur sehr geringe Mengen der Keimbildner beigemischt werden müssen, sollten sich die Kosten dadurch auch nicht signifikant erhöhen. Der Preis des verwendeten Paraffins liegt zwischen 1,2 und 1,5 €/kg. Der Einsatz von PCM - Speichern zur Reduktion von Kessel - Emissionen bringt keine Kostenreduktion und ist somit schwer durch eine Wirtschaftlichkeitsberechnung bewertbar. Bei der Verwendung von PCM - Speichern zur Steigerung des solaren Deckungsgrades und damit einer Einsparung an Zusatz-Heizenergie ist eine wirtschaftliche Betrachtung möglich. Da in dieser Richtung im*

Rahmen des Task 32 noch intensiv an verbesserten Regelungsstrategien für PCM - Speicher gearbeitet wird, und dadurch noch höhere Deckungsgrade angestrebt werden, erscheint es aber sinnvoll, diese Ergebnisse abzuwarten ... Aufgrund der dargelegten Ergebnisse werden die Paraffine „Sasol C80“ und „Sasol 6805“ für die weiterführenden Untersuchungen im gegenständlichen Projekt empfohlen. Für diese Werkstoffe wurden gute thermische Eigenschaftsprofile und relativ geringe Materialkosten von 1,2 bis 1,5 Euro/kg identifiziert ...“ (Auszugsweise nach Streicher, 2008) Seite 43 [43] „Für weiterführende Untersuchungen im Rahmen des Projekts wurden aufgrund der geringen Materialkosten von 1,2 bis 1,5 Euro/kg und der guten Eigenschaftsprofile die Paraffine SasolC80 und Sasol 6805 identifiziert.“ (Streicher, Heinz, Puschnig, ..., 2007) Seite 152 [44]

Somit wird auch in einschlägiger Literatur mit vergleichbaren Werten kalkuliert.

Erwähnenswert ist auch dass ein Langzeit- und Leistungstest für alle diese Materialien noch aussteht. Weiterführende Informationen siehe im Kapitel „Aufbau der PCM – Behälter“ und in der Forschungs- und Entwicklungsarbeit.

7.8 Zielpreisfindung des PCM

Betrachtet man die Absatzmengen und den angenommenen Einkaufspreis des PCM pro kg so kann eine nur leichte Preissenkung des PCM den „LWS Typ 1,5m“ bereits in die Gewinnzone bringen. Denn lediglich eine Preissenkung von 2,8Cent/kg auf knapp 2,6Cent/kg würde den größeren Speichertyp rentabel gestalten. Somit verdeutlicht sich einmal mehr der große Einfluss des PCM – Grundpreises auf die Herstellkosten und Rentabilität des Produktes. Nachstehend zur Veranschaulichung der Einfluss des PCM – Preises auf die kurzfristige Erfolgskalkulation.

Absatz [Stck]	500		1.000		1.500		3.000		PCM-Preis [2,6 €/kg]
LWS Typ	D=1m	D=1,5m	D=1m	D=1,5m	D=1m	D=1,5m	D=1m	D=1,5m	
Umsatzerlös [€]	5.000.000	6.000.000	10.000.000	12.000.000	15.000.000	18.000.000	30.000.000	36.000.000	
Betriebserfolg / Typ [€]	1.928.168	- 3.159	4.175.895	904.775	6.423.622	1.812.709	13.166.803	4.536.510	
Betriebserfolg gesamt [€]	1.925.009		5.080.670		8.236.331		17.703.313		

Absatz [Stck]	500		1.000		1.500		3.000		PCM-Preis [2,5 €/kg]
LWS Typ	D=1m	D=1,5m	D=1m	D=1,5m	D=1m	D=1,5m	D=1m	D=1,5m	
Umsatzerlös [€]	5.000.000	6.000.000	10.000.000	12.000.000	15.000.000	18.000.000	30.000.000	36.000.000	
Betriebserfolg / Typ [€]	1.978.288	115.262	4.272.510	1.127.808	6.566.731	2.140.353	13.449.395	5.177.990	
Betriebserfolg gesamt [€]	2.093.551		5.400.317		8.707.084		18.627.385		

Absatz [Stck]	500		1.000		1.500		3.000		PCM-Preis [2,4 €/kg]
LWS Typ	D=1m	D=1,5m	D=1m	D=1,5m	D=1m	D=1,5m	D=1m	D=1,5m	
Umsatzerlös [€]	5.000.000	6.000.000	10.000.000	12.000.000	15.000.000	18.000.000	30.000.000	36.000.000	
Betriebserfolg / Typ [€]	2.128.651	470.524	4.562.355	1.796.906	6.996.058	3.123.287	14.297.170	7.102.432	
Betriebserfolg gesamt [€]	2.599.175		6.359.260		10.119.346		21.399.602		

Absatz [Stck]	500		1.000		1.500		3.000		PCM-Preis [2,0 €/kg]
LWS Typ	D=1m	D=1,5m	D=1m	D=1,5m	D=1m	D=1,5m	D=1m	D=1,5m	
Umsatzerlös [€]	5.000.000	6.000.000	10.000.000	12.000.000	15.000.000	18.000.000	30.000.000	36.000.000	
Betriebserfolg / Typ [€]	2.228.892	707.366	4.755.584	2.242.971	7.282.277	3.778.577	14.862.354	8.385.393	
Betriebserfolg gesamt [€]	2.936.258		6.998.556		11.060.853		23.247.746		

Absatz [Stck]	500		1.000		1.500		3.000		PCM-Preis [1,8 €/kg]
LWS Typ	D=1m	D=1,5m	D=1m	D=1,5m	D=1m	D=1,5m	D=1m	D=1,5m	
Umsatzerlös [€]	5.000.000	6.000.000	10.000.000	12.000.000	15.000.000	18.000.000	30.000.000	36.000.000	
Betriebserfolg / Typ [€]	2.329.134	944.207	4.948.814	2.689.037	7.568.495	4.433.866	15.427.537	9.668.354	
Betriebserfolg gesamt [€]	3.273.341		7.637.851		12.002.361		25.095.891		

Auswirkung des PCM-Preises auf den Betriebserfolg

Aus den angeführten Tabellen ist der starke Einfluss des PCM – Preises auf den zu erwartenden Betriebserfolg deutlich erkennbar. Bei Verringerung des Preises läuft der „LWS Typ 1,5m“ sofort in die Gewinnzone. Dieser Verlauf ist linear Abhängig von den PCM – Kosten. Dabei wird in dieser Betrachtung nicht auf die notwendige Senkung der Fixkosten bei geringerer Absatzmenge eingegangen. Es kann also die obige Übersicht nicht direkt als einziger Einflussfaktor auf die LWS – Herstellung herangezogen werden. Es verbleiben noch die in den vorangegangenen Kapiteln beeinflussenden Faktoren wie Absatzmenge und Fixkosten in Relation der PCM – Kosten zu berücksichtigen. Hinzu addiert sich auch noch ein Einfluss der entsprechend verwendeten Materialkombination mit den Zusatzstoffen und die Bearbeitungskosten des Materials.

Auf eine genauere Betrachtung mit mehreren Einflussfaktoren wird hier jedoch aus Gründen des nicht vorhandenen Nutzens einer solchen Analyse verzichtet. Als Fazit kann, bei der wie gesagt theoretischen Betrachtung, ein PCM – Kilogrammpreis von ca. 2,5Cent und darunter als wirtschaftlich gelten. Weiters kann, aufgrund der volatilen Preisgestaltung dieser Materialien keine längerfristig haltbare Aussage getroffen werden. Teilweise werden die Materialien mit Tagespreisen gehandelt. Dies ist bei der Kalkulation zu beachten und es sollte in der Planung mit Mischpreisen (erwartete Mischpreise) beachtet werden. Schlussendlich ist der PCM – Preis natürlich auch von der eingekauften Menge Abhängig. Was bedeuten würde dass sich bei größerer Absatzmenge der Kilogrammpreis wieder etwas verringern würde. Was als Folge wieder einen höheren Ertrag bedeuten würde.

8 Fazit und Ausblick

So groß das Potenzial und die Euphorie für die Idee der Latentwärmespeicherung auch sein mag, so groß sind momentan auch noch die Probleme in dessen praktischer Umsetzung bei genauerer Betrachtung.

Die technischen und wirtschaftlichen Betrachtungen dieser Arbeit haben, wie später genauer angeführt, bestätigt dass weder das Umfeld (Energiepreise, gesamter Systemaufwand) noch der LWS selbst bereit für eine praktische Umsetzung in der Massenfertigung sind. Außer der in dem angenommenen Ausmaß nur theoretisch umsetzbaren, dauerhaften Wärmespeicherung gibt es keinen signifikanten Vorteil im Einsatz des LWS gegenüber herkömmlicher sensibler Wärmespeicher. Würde man ungeachtet der anfallenden Kosten das Konzept im aktuellen Entwicklungsstand umsetzen so würde allein der zusätzlich anfallende Platzbedarf für einen LWS so groß sein wie z.B. ein privates Schwimmbad. Und selbst dann hätte man durch die Unterkühlungseffekte bei der Entladung keine Garantie der Deckung des Heizenergiebedarfes. Abgesehen auch vom großen Gewicht des PCM, das auch irgendwo untergebracht werden muss.

8.1 *Fazit der wirtschaftlichen Betrachtungen*

Die Amortisationsberechnungen haben gezeigt dass wegen des geringen Einsparpotenzials aufgrund zu niedriger Energiekosten es aktuell noch unwirtschaftlich ist in einen LWS zu investieren. Selbst wenn dieser theoretisch die Anforderungen erfüllen würde. Der Kosten/Nutzen – Faktor ist bei den aktuellen Energiepreisen generell noch zu gering, was aber auch für ähnliche alternative Energiesysteme gilt. Es ist momentan noch wirtschaftlicher in Anlagen mit sensiblen Wärmespeicher zu investieren und diese gesamtheitlich und anlagentechnisch zu optimieren (wie z.B. einer Pelletsheizung oder einer Wärmepumpe). Vergleicht man die Investitionskosten konventioneller Heizkessel und rechnet diese dann gegen die Einsparung auf so dürften nur maximal €2.000 bis €3000 an Mehrkosten entstehen um das Gesamtsystem wirtschaftlich zu gestalten. Dies ist momentan, praktisch noch nicht umsetzbar. Zusammenfassend verhindern folgende Punkte nach aktuellem Entwicklungsstand den Erfolg eines LWS in Verbindung mit der Gebäudeheizung:

- Zu hoher Preis pro Kilogramm des PCM → Gesamtkosten des LWS sind zu hoch

- Der Energiepreis von Öl und Gas ist noch zu niedrig als dass sich der LWS rentieren würde
- Es ist immer auch eine solarthermische Anlage zur Ladung des LWS erforderlich → zusätzlicher technischer Mehraufwand und Austausch nach Lebenszyklus erforderlich
- Es fällt ein zusätzlicher Platzbedarf für den LWS an → somit auch meist Kosten

Relativer Ansatz zur Betrachtung der Wirtschaftlichkeit:

Eine andere Betrachtung der Wirtschaftlichkeit kann auf Basis der relativen Investitionskosten von „LWS – Energieeinsparung“ in Bezug zu den Energiekosten konventioneller Energieträger gemacht werden. Stellt man die Investitionskosten des LWS pro kg den Energiekosten pro kWh gegenüber kann man mit folgenden Annahmen entsprechende Überlegung anstellen:

- Misch – Endenergiepreis Öl und Gas: €0,088/kWh
- momentane Investitionskosten LWS von €11,8/kWh

Daraus erfolgt eine „Unwirtschaftlichkeits“ – Differenz von ca. 11 Euro pro Kilowattstunde! Diese Berechnung zeigt wohl am deutlichsten die momentane Situation. Wobei gerechterweise gesagt werden muss dass die bereits am Markt befindlichen alternativen Systeme hier nicht viel besser abschneiden.

Die Grundlage der obigen Berechnung sind jeweils die Gesamtkosten des Systems abzüglich der erzielbaren Förderungen.

8.2 Fazit der technischen Betrachtungen

Wie bereits erwähnt beruhen alle vorangegangenen Berechnungen auf der Annahme dass der LWS die geforderten Spezifikationen erfüllen könnte.

Die technischen Recherchen haben gezeigt dass es aktuell noch zu viele ungelöste Probleme für eine praktische Umsetzung des Konzepts gibt. Erfahrungen in Pilotprojekten haben gezeigt dass Wärmespeicher nach dem Prinzip der Ad- und Desorption zwar technisch umsetzbar sind, doch momentan noch bei weitem nicht die gewünschten Leistungen und Energieausbeuten liefern können. Der Vorteil des LWS durch die lokale Trennung von Wasser und Speichermedium ist nur bei geringen Temperaturdifferenzen zwischen Ladung und Entladung vorhanden. Bei

Anforderung der gewünschten hohen Unterschiede in den Systemtemperaturen einer Gebäudeheizung zeigt sich der LWS als aktuell noch unbrauchbar.

Zusammenfassend verhindern folgende Punkte nach aktuellem Entwicklungsstand den Erfolg eines LWS in Verbindung mit der Gebäudeheizung:

- Der technische Aufwand für das gesamte System in Verbindung mit dem LWS ist momentan noch zu hoch
- Zu hohes Gewicht pro kg PCM
 - Somit das Problem des zu hohen Gesamtgewichts des Speichers (vor allem bei der Einbringung)
- Unterkühlungseffekte bei der Entladung verhindern eine vernünftige Energieausbeute
- Der Deckungsgrad des LWS für den Energiebedarf eines Standard – EFH ist momentan noch zu gering
- Es ist immer auch eine solarthermische Anlage zur Ladung des LWS erforderlich (zusätzlicher technischer Mehraufwand und Austausch nach Lebenszyklus erforderlich)
- Es fällt ein zusätzlicher Platzbedarf für den LWS an
- Es sind noch keine Langzeitstudien vorhanden
- Lade- und Entladezyklen sind in deren Standzeit noch nicht dauerhaft getestet
- Der LWS kann nicht beliebig mit jedem Heizsystem kombiniert werden (Niedertemperatursysteme sind möglich, konventionelle Radiatorenheizung ist dafür ungeeignet)
- Das PCM wurde auf dessen Recyclebarkeit noch nicht getestet und bewertet

Ausblick:

In verschiedenen Berichten einschlägiger Literatur (auch in verschiedenen EU – und IEA – Projekten) werden nun vermehrt Forschungen im Materialbereich angestrebt. In diesen Projekten sollen vorrangig folgende Zielrichtungen genauer verfolgt werden:

Die Einbindung des PCM als Saisonspeicher wie in dieser Arbeit behandelt. Dabei soll fortführend untersucht werden wie man den nachteiligen Effekt der Unterkühlung auszunützen könnte um die angeführten Wärmeverluste zu vermeiden. Auch die Speicherkapazität der PCM soll mit weiteren Materialien und Materialpaarungen erhöht werden.

Es sollen neue Systemkonzeptionen erarbeitet werden um die Energieausbeute des Gesamtsystems zu erhöhen. Beispielsweise die Verwendung von Wasserdampf aus der Gebäudeabluft könnte den Energieeinsatz bei der Entladung des LWS deutlich verringern.

8.3 Weitere Betrachtungen im Umfeld des LWS

Da alle Betrachtungen und Berechnungen in dieser Arbeit rein wirtschaftlicher Natur waren lohnt sich zum Schluss ein kurzer Blick auf weitere Einsatzgebiete dieser Art der Energiespeicherung. Die aktuellen weltweiten Ereignisse in Bezug auf die Energieerzeugung könnten evtl. zu höheren Energiepreisen als hier angenommen führen und somit die Berechnungen deutlich verzerren. Auch könnte ein Umdenken in Bezug auf die Stromerzeugung durch Kernenergie erfolgen was den Einsatz von Wärmepumpensystemen wieder etwas unwirtschaftlicher gestalten würde.

8.3.1 Ökologische Betrachtungen

Es zeichnen die vorhin angeführten Ergebnisse technisch und wirtschaftlich ein eher düsteres Bild der Latentwärmespeicherung nach aktuellem Entwicklungsstand. Der einzig berechenbare Kundennutzen der LWS liegt eben rein in der Einsparung der laufenden Heizkosten. Zusätzlich könnte aber auch das „grüne Gewissen“ welches mit der Energieeinsparung einhergeht eine nicht ungewichtige Rolle spielen. Im Kontext von Kyoto – Protokoll und Treibhauseffekt könnten dabei auch noch weitere Betrachtungen relevant sein. Wie z.B. die Kosten pro eingesparte Tonne CO₂. Denn jedes gesparte Kilogramm CO₂ pro Haushalt multipliziert sich mit der Anzahl der gesamten Haushalte zu einer sehr großen CO₂ – Einsparung. Diese „Multiplikation geringer Werte“ sollte sich deutlich positiv auf die Klimabilanz des jeweiligen Landes auswirken. Diesbezügliche Berechnungen wurden in dieser Arbeit nicht angestellt, sollten aber in einer separaten Abhandlung genauer Betrachtet werden. Denn aufgrund von vereinbarten Strafzahlungen bei CO₂ Grenzwertüberschreitungen im Kyoto – Protokoll könnten sich hier weitere positive Effekte ergeben.

8.3.2 Mögliche weitere Einsatzgebiete des LWS

Das Einsatzgebiet der Latentwärmespeicherung ist natürlich nicht allein nur auf die Gebäudeheizung beschränkt. Es gibt mehrere Ideen zu dessen Applikationsmöglichkeit und es wird auch in anderen Richtungen geforscht. Folgend

ein kurzer, sicherlich nicht vollständiger Überblick der verschiedenen möglichen Anwendungsgebiete:

- Einsatz der PCM als „thermische Speichermasse“ direkt in der Gebäudesubstanz (z.B. als Beimengung bei Beton, Putz, Gipskartonplatten, usw.)
- Ersatz von sensiblen Speichern aufgrund höherer Energiedichte des LWS
- Einsatz in Kraftfahrzeugen (zur Fahrgastraumbeheizung bei Stillstand und Verringerung des Schadstoffausstoßes aufgrund geringerer Kaltlaufzeiten)
- Generell bei „Lastausgleichschaltungen“ aufgrund der höheren Energiedichte der PCM
- Verringerung der Kesseltaktungszeit durch Parallelschaltung eines LWS zum System

Ob sich aufgrund zu erwartender Ergebnisse obiger Forschungsbereiche Synergien für den Einsatz der PCM in der Gebäudeheizung ergeben bleibt abzuwarten.

Momentan ist die Zeit noch nicht reif für den praktischen Einsatz der dauerhaften Wärmespeicherung in der Gebäudeheizung.

Literaturhinweis

- [1] Arbeiterkammer Österreich (Hrsg) <info@akstmk.at>: Heizölpreisentwicklung 2003-2011. URL: <http://www.akstmk.at/bilder/d142/Heiz_Feber_2011_Grafik.pdf> - Steiermark: AK-Steiermark, Jänner 2011
- [2] BMVIT (Hrsg), ARGE erneuerbare Energie: Projekt - HYDES (High Energy Density Sorption Heat Storage for Solar Space Heating), Ergebnisse zu den Versuchen mit der Testanlage in Gleisdorf – Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2001
- [3] Brady, Catherine: <cbrady@isda.org>: Benchmark for fixed rates on interest rate swaps worldwide, URL: <<http://www.isda.org/fix/isdafix.html>>, Zugriff am 28.1.2011
- [4] BSI (Hrsg), Wirtschaftlichkeit energiesparender Maßnahmen für die selbst genutzte Wohnimmobilie. - Endbericht. Bundesvereinigung Spitzenverbände der Immobilienwirtschaft (BSI) - Darmstadt, 2008
- [5] Der Standard (Hrsg) <kursinfo@derStandard.at>: ISDA Swapsätze, URL: <<http://derstandard.at/Kursinfo/Zinsen.aspx>>, verfügbar am 28.1.2011
- [6] Ebert, Hans-Peter <lwsnet@zae.uni-wuerzburg.de>: LWSnet - Projektziele zur Überwindung grundlegender Probleme bei der Entwicklung hocheffizienter Latentwärmespeicher: <<http://www.lwsnet.info/projektziele>>, verfügbar am 20.11.2010, et al.
- [7] Eicker, Ursula: Solare Technologien für Gebäude, 1. Aufl. – Deutschland: Vieweg+teubner, 2001
- [8] Energiesparhaus.at (Hrsg) <info@energiesparhaus.at>: A/V-Verhältnis, Kompaktheit von Gebäuden, URL: <<http://www.energiesparhaus.at/fachbegriffe/azuv.htm>>, Verfügbar am 22.8.2010
- [9] EnEV (idF v. 2001) §8 und Anhang 3, Nr. 1-5
- [10] Fastenergy (Hrsg) <kontakt@fastenergy.de>: Heizölpreis - Erdgaspreis - Vergleich. URL: <<http://www.fastenergy.at/heizoelpreis-gaspreis.htm>> - Bayern-Moosthenning, Jänner 2011
- [11] Feist, Wolfgang (Hrsg): Wirtschaftlichkeitsuntersuchung ausgewählter Energiesparmaßnahmen im Gebäudebestand. - 3. Aufl. - Darmstadt: Publikation des Passivhausinstitut, 2005

- [12] Feist, Wolfgang: Thermische Gebäudesimulation; 1. Aufl. - Heidelberg: CF Müller, 1994
- [13] Feist, Wolfgang: Wirtschaftlichkeit von Wärmedämm-Maßnahmen im Gebäudebestand, Publikation des Passivhausinstitutes. - Darmstadt: Passivhausinstitut (Hrsg), 2005
- [14] Gerhalter, Michael: Einbindung von Latentwärmespeicher in die Gebäudeheizung. - 2010, Mittweida, Fachhochschule, Fachbereich Wirtschaft, Forschungs- und Entwicklungsarbeit
- [15] Gerhalter, Michael: Projekt - Paretolinie zur Aussage des möglichen, überschüssigen Solarertrages – Projekt der Fa. Honeywell und Fa. E-Steiermark, 2010
- [16] Hansen, P., Matthes, F.: Politiksszenarien V - auf dem Weg zum Strukturwandel, Treibhausgas-Emissionsszenarien bis zum Jahr 2030. - Forschungszentrum Jülich - Zentralbibliothek Verlag, Jülich, 2010
- [17] Hanus, Christian; Robert Hastings: Bauen mit Solarenergie. – Zürich: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 2006
- [18] Hegner, Hans-Dieter, Vogler Ingrid: Energieeinsparverordnung für die Praxis kommentiert. – 1. Aufl. – Berlin: Ernst&Sohn, 2002
- [19] Heinz, Andreas; Streicher, Wolfgang: Solar Thermal Plants with Advanced Thermal Storage Technologies for Low Energy Buildings, 2006, Graz, TU Graz, Publikation der TU Graz
- [20] Herold Online Telefonbuch <info@herold.at>, URL: <<http://www.herold.at/>>, verfügbar am 18.10.2010
- [21] Int. FM & REM Congress, 12. Aufl. in Kufstein/Tirol, im Jänner 2010
- [22] Kramer, Matthias (Hrsg): Integratives Umweltmanagement. - 1. Aufl. - Wiesbaden: Gabler, GWV Fachverlage GmbH, 2010, et al.
- [23] Kristan, Siegfried, Amt der steirischen Landesregierung: Informationsblatt „Wohnbauförderung“, Abteilung 15. -Graz, Stand: Dez. 2009
- [24] Kristan, Siegfried, Amt der steirischen Landesregierung: Informationsblatt „Wohnbauförderung“, Abteilung 15., Stand: Dez. 2009
- [25] Land Steiermark <a15@stmk.gv.at>: Allgemeine Voraussetzungen zur Förderung, Abteilung 15, Wohnbauförderung, URL: <<http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/beitrag/10005047/276011/>>, Zugriff am 16.1.2011

- [26] Land Steiermark <a15@stmk.gv.at>: Förderungen und Finanzierungen, URL: <<http://www.help.gv.at/Content.Node/21/Seite.210301.html>>, Verfügbar am 16.1.2011
- [27] Loga, Tobias, Imkeller-Benjes, Ulrich: Energiepass Heizung / Warmwasser. - 1. Aufl. - Darmstadt: Institut für Wohnen und Umwelt (Hrsg), 1997
- [28] Lutz, Jenisch, Klopfer, Freymuth: Lehrbuch der Bauphysik. – 5. Aufl. – Stuttgart: Teubner, 2002
- [29] Mehling, Harald; Cabeza, Luisa F.: Heat and cold storage with PCM. - 1. Aufl. – Berlin - Heidelberg: Springer, 2008
- [30] Müller, Martin (Hrsg): Förderung der energetischen Erneuerung von Städten und Gemeinden, Publikation Nr. 24. Frankfurt/Main: KFW-Research, 2010
- [31] OIB - Richtlinien, Richtlinie 6, Energieeinsparung und Wärmeschutz, in der Fassung vom 12.7.2006
- [32] ÖNORM EN 15203, Energieeffizienz von Gebäuden – Bewertung des Energieverbrauchs und Festlegung der Leistungsindikatoren, (idF v. 1.7.2006)
- [33] Paula, Michael: CEPHEUS - Cost Efficient Passive Houses as European Standard. Ein Projekt innerhalb des THERMIE-Programms der Europäischen Kommission, -Wien, Generaldirektion Transport und Energie, Projekt-Nummer: BU/0127/97, 2001
- [34] Rudolph, Carsten: Entwicklung einer Methode zur Suche nach Kristallisationsinitiatoren – 2002. Freiberg, TU Freiberg - Bergakademie, Dissertation, 2002
- [35] Schulz, Bartels; Gatzert, Lindenberger; ...: Die Entwicklung der Energiemärkte bis zum Jahr 2030 Energiereport IV - Projekte „EWI“ und „prognos“. – Köln, Basel: Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit, Berlin. – 2005
- [36] Schulze Darup, Burkhard (Hrsg): Energieeffiziente Wohngebäude, - 3. Aufl. – Karlsruhe: BINE Informationsdienst, 2009
- [37] Statistik (Hrsg) Austria <info@statistik.gv.at>: Bestand an Gebäuden und Wohnungen, URL: <http://www.statistik.at/web_de/statistiken/wohnen_und_gebaeude/bestand_an_gebaeuden_und_wohnungen/index.html>, verfügbar am 20.11.2010
- [38] Statistik Austria (Hrsg) <info@statistik.gv.at>: Verbraucherpreisindex und Harmonisierter Verbraucherpreisindex, Definitionen und Erläuterungen, URL: <http://www.statistik.at/web_de/statistiken/oeffentliche_finanzen_und_steuern/ma

astricht-indikatoren/harmonisierter_verbraucherpreisindex/index.html> verfügbar
am 20.11.2010

- [39] Statistisches Zentralamt Österreich (Hrsg), Energiestatistik, Energieeinsatz der Haushalte, vom 8.6.2009
- [40] Stelling, Johannes: Fallstudie zur Unternehmungsplanung. - 2010. - Graz. - Mittweida, Fachhochschule, Fachbereich Wirtschaft. Aus der Vorlesung „Prozesskostenrechnung und Target Costing“, 2010
- [41] Stelling, Johannes: Kostenmanagement und Controlling. – 3. Aufl. – München: Oldenburg, 2009
- [42] Streicher, Wolfgang, Heinz, Andreas, Thuer, Alexander: Aus: PAMELA - EU Projekt - Phase Change Material Slurries and their Commercial Applications, Pr. No: NNE5-2001-0038, Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften – Graz, 2008
- [43] Streicher, Wolfgang; Heinz, Andreas; Jaehning, Dagmar: Solarthermische Anlagen mit fortschrittlicher Speichertechnologie für Niedrigenergiegebäude – Berichte aus Energie- und Umweltforschung. - Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2008
- [44] Streicher, Wolfgang; Heinz, Andreas; Puschnig, Peter;...: Fortschrittliche Wärmespeicher, Projekt zum IEA-SHC Task 32 (15/2007). - Graz, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2008
- [45] Usemann, Klaus: Energieeinsparende Gebäude und Anlagentechnik. - 1. Aufl. - Kaiserslautern: Springer, 2005
- [46] VDI 2067 (idF v. 2010-09), Blatt 1, Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenberechnung
- [47] Wagner, Jähnig: Modularer Energiespeicher nach dem Sorptionsprinzip, Aus: Auszüge aus Energie- und Umweltforschung des BMVIT. – Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2006
- [48] Wagner, Waldemar; Jähnig, Dagmar; Isaksson, Charlotta: Modularer Energiespeicher nach dem Sorptionsprinzip mit hoher Energiedichte (MODESTORE), Endbericht – Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2006
- [49] Wirtschaftskammer Österreich (Hrsg) <office@wko.at>: Publikation „Wirtschaftslage & Prognose“. URL: <<http://wko.at/statistik/prognose/text-PDF.pdf>>. - Wien, vom Dez. 2010